ENGENHARIA CIVIL

ORGANIZABOOK

CONCRETO ARMADO

ORGANIZA

ORGANIZA
CONCURSOS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E DIRECIONAMENTO 4
2. CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND 4
3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONCRETO ARMADO 7
4. PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO 8
4.1. TRABALHABILIDADE, COESÃO E CONSISTÊNCIA 8
4.1.1. Ensaio de abatimento do tronco de cone 10
4.1.2. Concreto autoadensável 14
4.2. TEMPO DE PEGA 16
5. PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO 18
5.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO 18
5.1.1. Resistência características à compressão (fck) 20
5.2. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO 22
5.3. MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO 24
6. DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO 27
6.1. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO 27
6.1.1. Estados-limites 28
6.2. AÇÕES 30
6.2.1. Ação do vento sobre as edificações 33
6.3. COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO 36
6.3.1. Coeficiente de minoração das resistências 36
6.3.2. Coeficientes de majoração das ações 37
6.4. CLASSES DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL 38
6.4.1. Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e qualidade do concreto 40
6.4.2. Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento mínimo 45
6.5. DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO 50
6.5.1. Estádios de deformação 50
6.5.2. Domínios de deformação 53
6.5.3. Equacionamento 57
6.6. DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO CORTANTE 63
6.6.1. Modelo de cálculo I 64

6.7. VIGAS - ARMADURAS LONGITUDINAIS MÁXIMAS E MÍNIMAS 67
6.7.1. Armadura de tração 67
6.7.2. Armadura de pele 68
6.7.3. Armaduras de tração e compressão 69
6.8. PILARES – ARMADURAS LONGITUDINAIS MÁXIMAS E MÍNIMAS 69
6.8.1. Armadura longitudinal mínima 69
6.8.2. Armadura longitudinal máxima 70
6.8.3. Diâmetros mínimos e máximos da armadura 70
6.8.4. Número mínimo de barras 71
6.9. DIMENSÕES-LIMITES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS 72
6.9.1. Vigas e vigas-parede 72
6.9.2. Pilares e pilares-parede 73
6.9.3. Lajes maciças 75
7. QUESTÕES COMPLEMENTARES 77
8. GABARITOS E LINK TEC 83
9. REFERÊNCIAS E MATERIAL PARA CONSULTA 84

1. INTRODUÇÃO

O assunto concreto armado, certamente, é um dos mais amplos da engenharia. Além disso, emprega, também, o conhecimento de diversas outras disciplinas como a análise estrutural, a resistência dos materiais e materiais de construção.

Por conta disso, já adianto que este é um dos nossos materiais mais longos!

A variedade de tópicos cobrados neste assunto é ampla e as principais bancas os cobram de maneira bastante distinta. A banca VUNESP, por exemplo, costuma cobrar diversos das verificações que devem ser feitas para o dimensionamento dos elementos do concreto armado. A FGV, por outro lado, dá ênfase a aspectos normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

No entanto, ao analisarmos as principais bancas, há assuntos que, de modo geral, se mostram muito importantes para o estudo. Os principais deles são:

- Dimensões mínimas de lajes, vigas e pilares;
- Classes de agressividade ambiental e suas relações com a qualidade do concreto (cobrimento nominal, classe do concreto e fator água-cimento);
- Trabalhabilidade do concreto fresco: conceito e ensaios.
- Resistência característica do concreto à compressão;
- Dimensionamento à flexão de vigas.

Dito isso, excelentes estudos!

2. CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

O concreto de cimento Portland é um material composto por água, cimento Portland e agregados. As propriedades do cimento Portland e dos agregados, assim como as questões mais cobradas sobre esses componentes, são detalhadas no resumo “Materiais de Construção I”. Aqui, trataremos, especificamente, do concreto de cimento Portland, especialmente da sua aplicação nas estruturas de concreto armado.

As principais funções de cada um dos componentes do concreto, resumidamente, são:

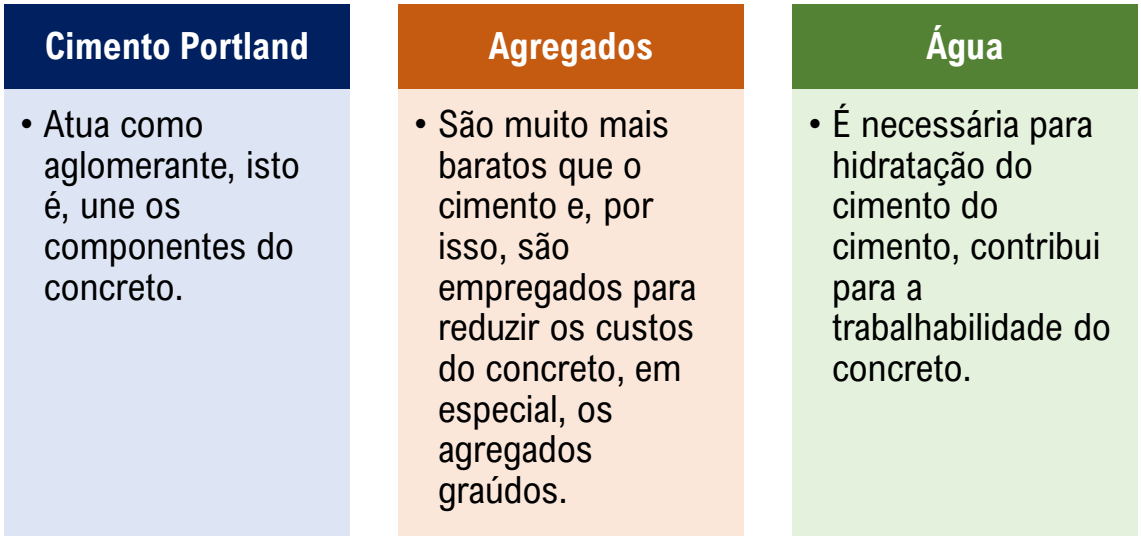

Cimento Portland
• Atua como aglomerante, isto é, une os componentes do concreto.
Agregados
• São muito mais baratos que o cimento e, por isso, são empregados para reduzir os custos do concreto, em especial, os agregados graúdos.
Água
• É necessária para hidratação do cimento do cimento, contribui para a trabalhabilidade do concreto.

Figura 1 – Componentes do concreto de cimento Portland e suas respectivas funções

O concreto simples possui boa resistência à compressão, no entanto, pouco resiste à tração (apenas 10% da resistência à compressão). Além disso, seus mecanismos de ruptura são abruptos, sem deformações relevantes antes da ruína. Por isso, para ser empregado como material estrutural, é normalmente associado a materiais com boa resistência à tração e mais deformáveis. O exemplo mais clássico é o aço.

FGV - 2022 - Especialista em Saúde (SEMSA Manaus)/Engenheiro/Civil

Uma desvantagem do concreto como elemento estrutural é

A) sua baixa resistência a choques e vibrações.

B) sua alta permeabilidade.

C) sua baixa resistência ao fogo.

D) seu alto custo de conservação.

E) sua baixa resistência à tração.

COMENTÁRIO

A questão trata, especificamente, do **concreto** e não do **concreto armado**. A desvantagem mais clássica do **concreto**, como material estrutural, é sua baixa resistência à tração. O gabarito é a alternativa E.

O concreto é um material poroso e permeável. No entanto, a permeabilidade do concreto depende de diversos elementos, como o fator água/cimento, granulometria dos agregados empregados e o uso de microssílica. Assim, pode-se obter concretos de baixa permeabilidade cujo emprego estrutural é satisfatório. A alternativa B, portanto, é errada.

Veremos mais adiantes algumas vantagens e desvantagens do **concreto armado**. No entanto, já adianto, que, de modo geral, o concreto armado, se bem executado, é

resistente a choques, vibrações e ao fogo, de modo que poderíamos eliminar as alternativas A e C.

Além disso, o custo de manutenção do concreto armado, em geral, são baixos e, assim, eliminaríamos a alternativa D.

GABARITO: E

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2071116

Quando as armaduras empregadas nessa associação não sofrem alongamento iniciais, antes da solidarização com o concreto, tal associação é denominada de **concreto armado**.

VUNESP - 2019 - Engenheiro (Pref Marília)/Civil

Aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência são os elementos de concreto

A) simples estrutural.

B) aparente.

C) armado.

D) protendido.

E) passivo.

COMENTÁRIO

A questão apresenta algumas características bastante importantes do **concreto armado**:

- Seu comportamento (concreto e armadura funcionando em conjunto) depende da aderência entre esses elementos;
- Não se empregam alongamento iniciais na armadura antes de sua solidarização com o concreto.

O gabarito é a alternativa C!

Outra importante característica do concreto armado é a "possibilidade de ocorrência de regiões fissuradas de concreto", cuja cobrança em prova veremos mais adiante no resumo!

GABARITO: C

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1405242

3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONCRETO ARMADO

As principais vantagens e desvantagens do uso do concreto armado são resumidos na Figura 2.

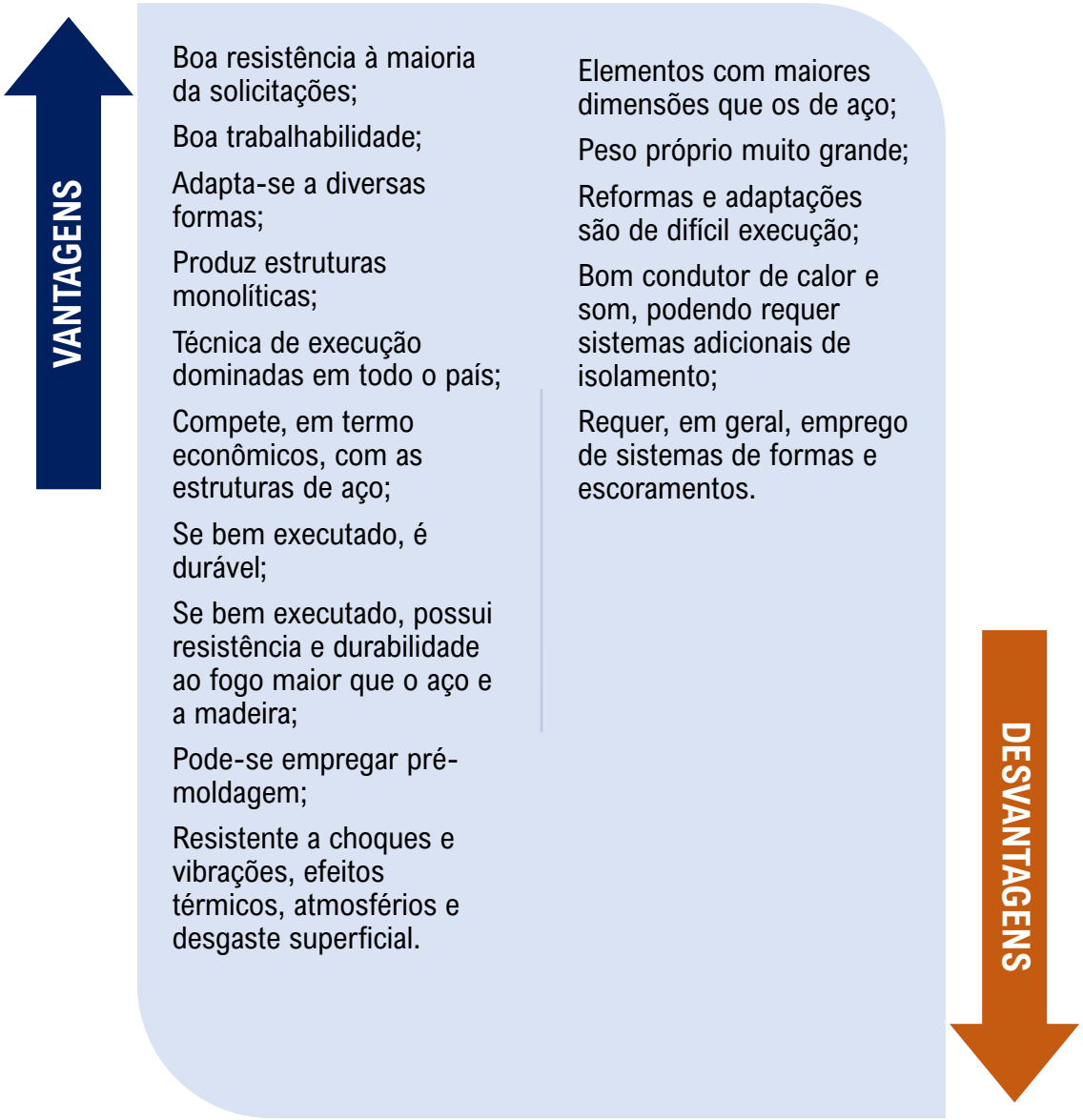

VANTAGENS
Boa resistência à maioria da solicitações;
Boa trabalhabilidade;
Adapta-se a diversas formas;
Produz estruturas monolíticas;
Técnica de execução dominadas em todo o país;
Compete, em termo econômicos, com as estruturas de aço;
Se bem executado, é durável;
Se bem executado, possui resistência e durabilidade ao fogo maior que o aço e a madeira;
Pode-se empregar pré-moldagem;
Resistente a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosférios e desgaste superficial.
Elementos com maiores dimensões que os de aço;
Peso próprio muito grande;
Reformas e adaptações são de difícil execução;
Bom condutor de calor e som, podendo requer sistemas adicionais de isolamento;
Requer, em geral, emprego de sistemas de formas e escoramentos.
DESVANTAGENS

Figura 2 – Vantagens e desvantagens do concreto armado

Este assunto, normalmente, é cobrado de modo simples pelas bancas, como nas seguintes questões:

https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1976804

https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1871760

4. PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO

4.1. TRABALHABILIDADE, COESÃO E CONSISTÊNCIA

A principal propriedade do concreto fresco, para fins de concurso, é a sua **trabalhabilidade**. No entanto, para a compreendermos bem, precisamos entender, também, outras duas propriedades: **coesão** e **consistência**.

A **coesão** do concreto de resistir à segregação, isto é, de resistir à separação de seus componentes. Depende, principalmente, da relação água-cimento e da distribuição granulométrica da mistura.

A **consistência** de um concreto diz respeito ao quão fluído ele é, isto é, ao quanto deforma, no estado fresco, quando submetido a uma força. O principal estudo de consistência de um concreto é o *slump test* (teste de abatimento do tronco de cone).

Já a **trabalhabilidade** diz respeito à facilidade do concreto de ser manipulado (transportado, lançado e adensado) sem que sofra segregação. Isto é, do quão mais fácil ou não é usar um concreto em determinada aplicação. Além de depender da consistência e da coesão do concreto, depende do local onde será aplicado (inclinação das formas, espaçamento das armaduras etc.).

CEBRASPE (CESPE) - 2021 - Analista em Desenvolvimento Regional (CODEVASF)/Engenharia Civil

Um caminhão betoneira com concreto usinado acaba de chegar à obra para concretar pilares densamente armados no pavimento térreo da construção de um edifício. O projeto e a documentação técnica solicitam resultado do ensaio de abatimento do tronco de cone (slump test) igual a 12 cm ± 2cm para o concreto. Durante a realização do slump test foram obtidas as seguintes medidas: altura do molde igual a 30 cm, altura média do corpo de prova de concreto em relação ao piso após a retirada lenta do molde igual a 11 cm.

Considerando essa situação hipotética, julgue o próximo item, a respeito do recebimento de materiais em obra.

A utilização de espaçadores de armaduras e o estabelecimento de um diâmetro máximo para o agregado graúdo na mistura de concreto são maneiras de se garantir a trabalhabilidade e o preenchimento adequado das fôrmas dos pilares densamente armados durante a concretagem.

C) Certo

E) Errado

COMENTÁRIO

Como vimos a trabalhabilidade, além de depender da consistência e coesão do concreto, também depende do local e condições em que será empregado. Em pilares densamente armados, o uso de espaçadores de armaduras e limitações ao diâmetro máximo dos agregados facilitam o lançamento e o adensamento do concreto nesses elementos. Tais medidas, portanto, melhoram a trabalhabilidade do concreto e o item, portanto, está **CERTO**!

GABARITO: CERTO

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1504560

Adicionar água a um concreto pode melhorar sua trabalhabilidade, por torná-lo mais fluído. No entanto, o aumento do fator água-cimento resultante dessa ação reduz a resistência do concreto e, por isso, tal procedimento não é recomendado.

CEBRASPE (CESPE) - 2021 - Analista em Desenvolvimento Regional (CODEVASF)/Engenharia Civil

Considerando a situação descrita na questão anterior, julgue o próximo item, a respeito do recebimento de materiais em obra.

Quando o resultado do slump test é menor do que o intervalo previsto em projeto, não se recomenda o procedimento de adição de água ao concreto usinado na obra, por aumentar a relação água/cimento do concreto, reduzindo sua resistência.

C) Certo

E) Errado

COMENTÁRIO

A adição de água ao concreto, para melhorar sua trabalhabilidade, sem a correção do consumo de cimento do traço, resulta num aumento do fator água-cimento. Nesse caso, há perda da resistência do concreto e, por isso, o procedimento não é recomendado. O item está CERTO!

GABARITO: CERTO

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1504559

4.1.1. Ensaio de abatimento do tronco de cone

A versão atual da ABNT NBR 12655:2022 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento prevê que o ensaio de consistência, para fins de recebimento e aceitação, deve ser feito conforme a ABNT NBR 16889 para o concreto convencional.

Na ABNT NBR 16889:2020, a execução do ensaio é descrita da seguinte maneira:

> ***5 Método de ensaio***
>
> *5.1 Quando a dimensão nominal máxima do agregado for superior a 37,5 mm, o ensaio deve ser realizado sobre a fração do concreto que passa pela peneira com abertura de malha de 37,5 mm, obtida de acordo com a ABNT NBR 16886.*
>
> *5.2 Colocar a placa de base sobre uma superfície rígida, plana, horizontal e livre de vibrações. Umedecer o molde (4.1) e a placa de base (4.3) e colocar o molde sobre a placa de base. Durante o preenchimento do molde com o concreto de ensaio, utilizando a concha de seção U (4.5), o operador deve se posicionar com os pés sobre as aletas, de forma a mantê-lo estável. Encher rapidamente o molde com o concreto coletado conforme a ABNT NBR 16886, em três camadas, cada uma com aproximadamente um terço da altura do molde.*
>
> *5.3 Adensar cada camada com 25 golpes da haste de adensamento. Distribuir uniformemente os golpes sobre a seção de cada camada. Para o adensamento da camada inferior, é necessário inclinar levemente a haste e efetuar cerca de metade dos golpes em forma de espiral até o centro. Adensar a camada inferior em toda a sua espessura. Adensar a segunda e a terceira camadas, cada uma por toda a sua espessura e de forma que os golpes apenas penetrem na camada anterior. No preenchimento e na compactação da camada superior, acumular o concreto sobre o molde, antes de iniciar o adensamento. Se, durante a operação de compactação, a superfície do concreto ficar abaixo da borda do molde, adicionar mais concreto para manter um excesso sobre a superfície do molde durante toda a operação da camada superior e rasar a superfície do concreto com uma desempenadeira, ou com uma colher de pedreiro, ou com movimentos rolantes da haste de compactação.*
>
> *[...]*

5.4 Limpar a placa de base e retirar o molde do concreto, levantando-o cuidadosamente na direção vertical. A operação de retirar o molde deve ser realizada em 4 s a 6 s, com um movimento constante para cima, sem submeter o concreto a movimentos de torção lateral.

5.5 Aoperação completa, desde o início de preenchimento do molde com concreto até a sua retirada, deve ser realizada sem interrupções e completar-se em um intervalo de 150 s. A duração total do ensaio deve ser de no máximo 10 min, desde a coleta da amostra até o desmolde (final do ensaio).

5.6 Imediatamente após a retirada do molde, medir o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo de prova, que corresponde à altura média do corpo de prova desmoldado (ver Figura 3), aproximando aos 5 mm mais próximos.

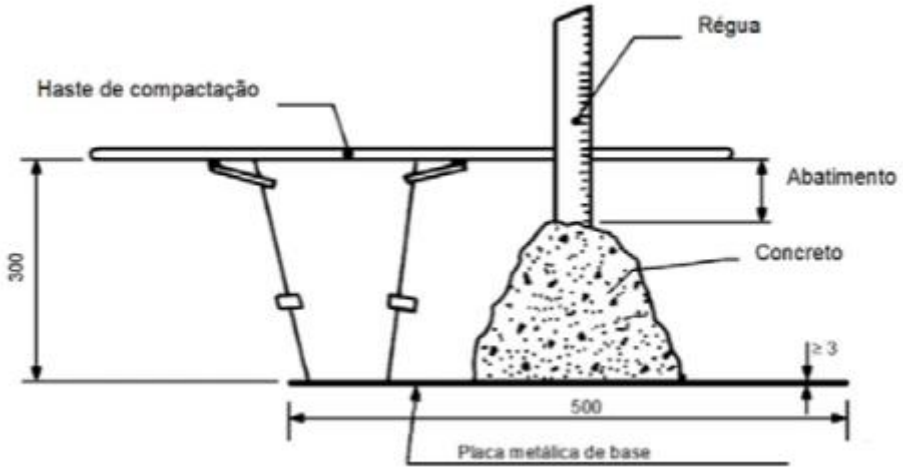


Figura 3 – Medida do abatimento

5.7 Caso ocorra um desmoronamento ou deslizamento da massa de concreto ao realizar o desmolde e esse desmoronamento impeça a medição do abatimento, o ensaio deve ser desconsiderado e uma nova amostra de concreto deve ser coletada para a realização de um novo ensaio.

5.8 Caso em duas determinações consecutivas previstas em 5.6 ocorra desmoronamento ou desliza- mento, o concreto não é necessariamente plástico e coeso para a aplicação do ensaio de abatimento.

Trouxemos a literalidade da norma, aqui, pois esse é um dos mais importantes ensaios relacionados ao concreto de cimento Portland e o seu procedimento de execução, nos termos da norma, já foi alvo de cobrança em questões.

Dito isso, a Figura 3 apresenta, resumidamente, a execução do ensaio.

1. Colocar a placa base sobre uma superfície rígida, plana, horizontal e livre de vibrações
2. **Umedecer** o molde e a placa base

3. Posicionar os pés sobre as aletas para manter o molde estável
4. Preencher rapidamente o molde, em **três camadas**, cada uma com aproximadamente **um terço da altura do molde**
5. Compactar cada camada com **25 golpes** da haste, distribuídos uniformemente em cada seção:
   - Para camada inferior: metade dos golpes em forma de espiral até o cento, com a haste ligeiramente inclinada;
   - Para as demais, adensar em toda a espessura. Os golpes só podem penetrar a camada anteior.
6. Limpar a placa base e retirar o molde com movimento constante e vertical, entre 4 s e 6 s. Não aplicar torção ao molde.
7. Imediatamente após a retirada do molde, medir o abatimento concreto:
   - Diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo de prova.

Figura 3 – Execução do ensaio do abatimento do tronco de cone

A consistência de um concreto, como vimos, influencia em sua trabalhabilidade. Quanto mais fluído for o concreto, mais fácil ele é para se trabalhar. Assim, **quanto maior for o abatimento observado no *slump test*, melhor é a trabalhabilidade do concreto!**

CEBRASPE (CESPE) - 2022 - Analista Judiciário (TRT 8ª Região)/Apoio Especializado/Engenharia Civil

O método adotado para medir a consistência do concreto, comumente utilizado para avaliar a sua trabalhabilidade e conhecido também como Slump, é o ensaio de

A) penetração.

B) abatimento.

C) escorregamento.

D) compactação.

E) remoldagem.

COMENTÁRIO

O ensaio empregado para avaliar a consistência do concreto e, por consequência, avaliar também sua trabalhabilidade é um ensaio de **abatimento** do tronco de cone, também conhecido como *slump test*. A alternativa correta, portanto, é a letra B!

GABARITO: B

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2266974

CEBRASPE (CESPE) - 2019 - Analista Administrativo de Procuradoria (PGE PE)/Engenharia

Na chegada do caminhão betoneira ao canteiro de obras de construção de um prédio público projetado em concreto armado, a fiscalização constatou que o concreto estrutural apresentava um slump muito elevado. Observou-se também que, para evitar sobra excessiva de concreto usinado, eram escolhidas aleatoriamente peças estruturais para serem concretadas e, quando não concretadas inteiramente, as partes não concretadas eram deixadas para conclusão no dia seguinte, o que gerava juntas de concretagem na estrutura.

A respeito da situação apresentada, julgue o item subsequente.

O slump elevado dificulta a concretagem por bombeamento: ele indica que a massa possui pouca trabalhabilidade.

C) Certo

E) Errado

COMENTÁRIO

Como vimos, a consistência de um concreto é, também, uma medida de sua trabalhabilidade. No entanto, ao contrário do que diz o item, quanto maior for o slump (abatimento) medido no ensaio de consistência, melhor é a trabalhabilidade do concreto.

O item, portanto, está **ERRADO**!

GABARITO: ERRADO

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/844195

4.1.2. Concreto autoadensável

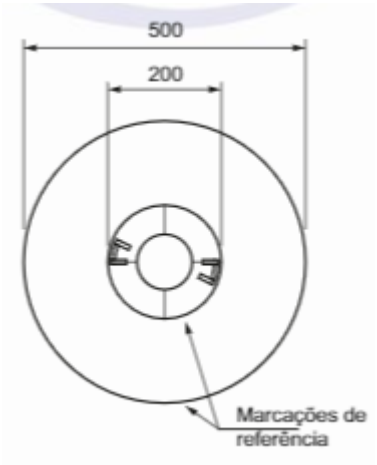
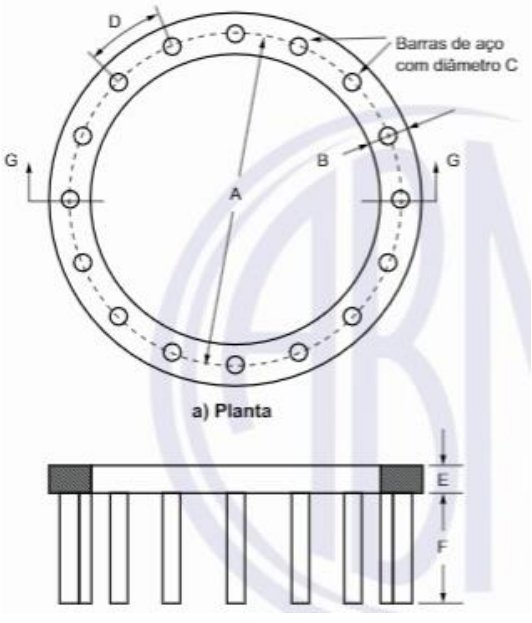
O **concreto autoadensável (CAA)**, segundo a ABNT NBR 15823-1:2017, é o "concreto capaz de fluir, autoadensar pelo peso próprio, preencher a forma e passar por embutidos (armaduras, dutos e insertos), enquanto mantém sua homogeneidade (ausência de segregação) nas etapas de mistura, transporte, lançamento e acabamento".

A consistência de um CAA NÃO é medida pelo ensaio de abastecimento do tronco de cone!

Para o CAA, podem ser empregados dois outros ensaios:

- Ensaio de espalhamento, viscosidade aparente, estabilidade visual - Método do cone de Abrams;
- Ensaio de habilidade passante – Método do Anel J.

A Tabela 1 descreve brevemente tais ensaios.

Método do cone de Abrams ABNT NBR 15823-2:2017	Método do anel J ABNT NBR 15823-3:2017
Um molde cônico é posicionado sobre uma base com duas marcações de referência: 200 mm (sobre a qual se posiciona o cone) e outra de 500 mm.  O molde é preenchido, sem adensamento, de forma contínua e uniforme. Após o enchimento, o molde é retirado,	O ensaio é executado de modo similar ao método do cone de Abrams, mas é utilizado um elemento de "resistência ao espalhamento" - um anel com barras:  O anel também é posicionado centrado

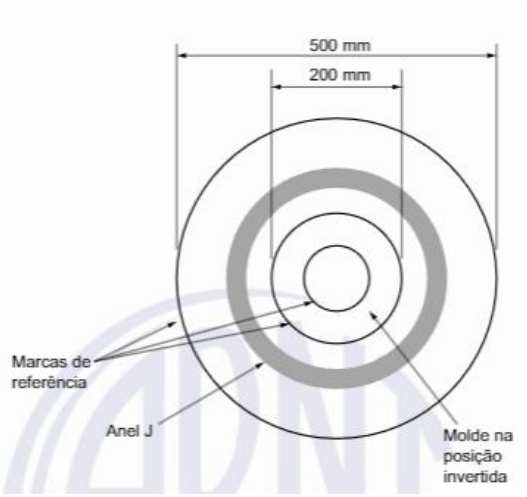
sem torção lateral, em tempo não superior a 3 ± 1 s. Cronometra-se o tempo necessário para o material do molde atingir a marca de 500 mm. **Resultados:** • **Espalhamento**: média aritmética de duas medidas perpendiculares de diâmetro; • **Tempo de escoamento**: tempo necessário para o espalhamento atingir a marca de 500 mm, em segundos; • **Índice de estabilidade visual**: avaliação visual da ocorrência de segregação e exsudação. Tabelado na norma.	em relação às marcas de referência:  **Resultados:** • **Espalhamento final**: média entre o maior e o menor espalhamento (diâmetro) observado com o uso do anel; • Diferença entre o espalhamento observado com e sem o uso do anel.

Tabela 1 – Ensaios para avaliação da consistência do concreto autoadensável

CEBRASPE (CESPE) - 2023 - Analista (CNMP)/Apoio Técnico Especializado/Engenharia Civil

Julgue o seguinte item, acerca do controle da qualidade de materiais, da gestão de projetos, da avaliação de bens, entre outros aspectos relativos a edificações.

O controle tecnológico do concreto autoadensável em estado fresco se dá com a realização do ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone.

C) Certo

E) Errado

COMENTÁRIO

Como vimos, não se emprega o ensaio de abatimento do tronco de cone para o concreto autoadensável (CAA). Os ensaios empregados para medir a consistência do CAA são o cone de Abrams e o anel J.

O item é **ERRADO**!

GABARITO: ERRADO

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2421985

4.2. TEMPO DE PEGA

À medida que o cimento é hidratado, há uma evolução de suas propriedades mecânicas e, consequentemente, de sua consistência. A pega é definida como o momento no qual a pasta adquire uma consistência que a torna imprópria a um trabalho. Ele é expresso por dois valores (o tempo de início e o tempo de fim da pega) e é determinada por meio do aparelho (ou agulha) de Vicat, ilustrado na Figura 4, em sua forma automática (a) e manual (b).

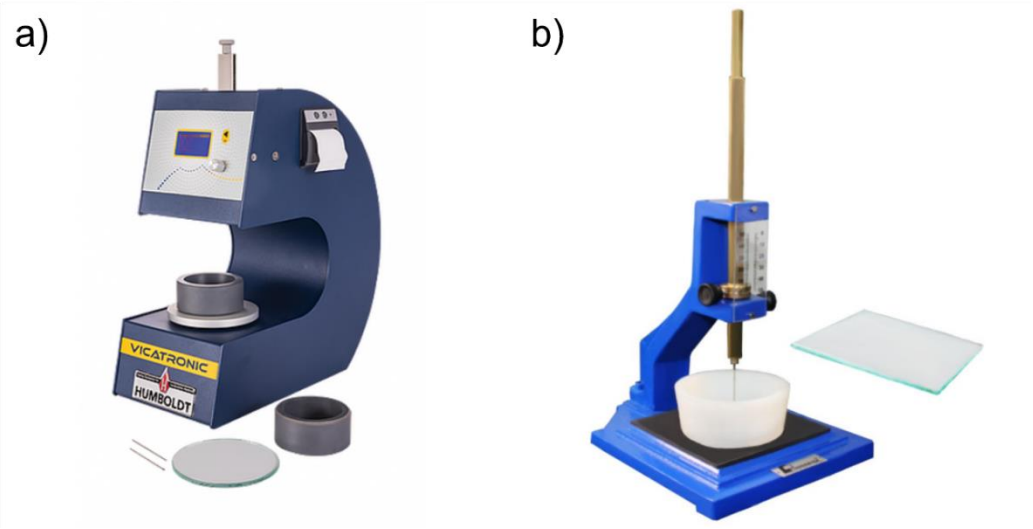


Figura 4 – Aparelho de Vicat automático e manual[1]

Os tempos de início e fim da pega são definidos pela NBR 16607:2018 assim:

> ***Tempo de início da pega***
>
> *Intervalo de tempo transcorrido desde o momento em que o cimento entra em contato com a água até o momento em que a agulha de Vicat penetra na pasta e estaciona a (6 ± 2) mm da placa-base do molde tronco-cônico, em condições normalizadas de ensaio*
>
> ***Tempo de fim de pega***
>
> *Intervalo de tempo transcorrido desde o momento em que o cimento entra em contato com a água até o momento em que a agulha penetra 0,5 mm na pasta, em condições normalizadas de ensaio*

1 *https://www.solabcientifica.com.br/equipamentos/importados/h-3052-aparelho-vicat-automatico e https://www.didaticasp.com.br/aparelho-de-vicat-para-cimento*

Em relação ao concreto, a norma ABNT NBR 14931:2023 traz algumas considerações acerca da sua execução:

- Em hipótese alguma, o lançamento do concreto pode ser feito após o início da pega;
- O tempo entre o início da mistura e o final do lançamento do concreto, salvo condições específicas definidas em projeto, ou influências de condições climáticas ou de composição do concreto, deve ser inferior a 2h30min.

CEBRASPE (CESPE) - 2023 - Analista de Tecnologia da Informação (DATAPREV)/Engenharia Civil

Durante a concretagem da estrutura de um prédio, o concreto usinado chegou já com a pega iniciada. Como a concretagem fazia parte do caminho crítico do cronograma de execução, o engenheiro dessa obra determinou o lançamento do concreto somente após aumentar a dosagem de água na massa, com intuito de garantir a trabalhabilidade do concreto e manter o cronograma sem atrasos.

A respeito da situação hipotética apresentada, julgue o item a seguir.

O teste de abatimento é um dos métodos utilizado, antes do lançamento, para medir o início da pega do concreto.

C) Certo

E) Errado

COMENTÁRIO

O ensaio empregado para medir o tempo de pega de um concreto é o ensaio da agulha (ou aparelho) de Vicat. O item, portanto, é **ERRADO**!

GABARITO: ERRADO

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2638854

CEBRASPE (CESPE) - 2023 - Analista de Tecnologia da Informação (DATAPREV)/Engenharia Civil

Considerando a situação apresentada na questão anterior, julgue o item a seguir.

A adição de água no concreto reverte o processo de pega, permitindo o aproveitamento da massa.

C) Certo

E) Errado

COMENTÁRIO

O processo de pega é **irreversível** e a adição de água não permite que o concreto seja trabalhado depois de iniciada a pega. O item, portanto, está **ERRADO**!

GABARITO: ERRADO

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2638852

5. PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO

5.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A principal propriedade do concreto, endurecido, é sua **resistência à compressão**. Esta propriedade é determinada pela ruptura de corpos de prova e é usada, inclusive, para estimar outras propriedades como o módulo de elasticidade e a resistência à tração.

Diversos fatores influenciam a resistência à compressão do concreto, os principais são:

- Traço, isto é, a proporção entre as quantidades de cimento, agregados e água empregados no concreto;
- Idade do concreto, visto que a resistência do concreto aumento com a cura.

Para um corpo de prova, rompido, a resistência à compressão é dada por:

$$f_{cj} = \frac{N_{rup}}{A}$$

Em que:

- f_{cj} é resistência à compressão do corpo de prova de concreto de idade de (j) dias;
- N_{rup} é a carga de ruptura do corpo de prova;
- A é a área da seção transversal do corpo de prova.

FGV - 2022 - Analista (MPE SC)/Engenharia Civil

O controle tecnológico do concreto consiste na realização de ensaios para verificar a sua qualidade e a de seus materiais constituintes. O principal objetivo desse processo é garantir o bom desempenho da estrutura e evitar problemas que possam afetar a segurança. Suponha que em um ensaio de compressão de um corpo de prova cilíndrico de concreto com diâmetro de 10 cm obteve-se uma carga de ruptura de 20 toneladas-força.

Para o caso apresentado, considerando g = 10 m/s^2, a resistência à compressão do corpo de prova é cerca de:

A) 20,50 MPa;

B) 21,45 MPa;

C) 22,53 MPa;

D) 25,48 MPa;

E) 27,31 MPa.

COMENTÁRIO

Para resolver a questão, basta aplicarmos a fórmula $f_{cj} = \frac{N_{rup}}{A}$:

$$N_{rup} = 20\ \cancel{t} \times \frac{1000\ \cancel{kg}}{\cancel{t}} \times 10\ \cancel{m/s^2} \times \frac{1\ kN}{1000\ \cancel{kg \times m/s^2}}$$

$$N_{rup} = 200kN$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 10^2}{4} = 78{,}5\ cm^2$$

$$f_{cj} = \frac{200\ kN}{78{,}5\ cm^2} = 2{,}548\ \cancel{kN/m^2} \times \frac{10\ MPa}{1\ \cancel{kN/m^2}}$$

$$\boldsymbol{f_{cj} = 25{,}48\ MPa}$$

O gabarito, portanto, é a alternativa D!

GABARITO: D

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2060184

5.1.1. Resistência características à compressão (f_{ck})

Para caracterizar adequadamente a resistência à compressão de um concreto, é necessário romper diversos corpos de prova. Os valores de resistência à compressão obtidos assumem a forma de uma distribuição normal (Figura 5).

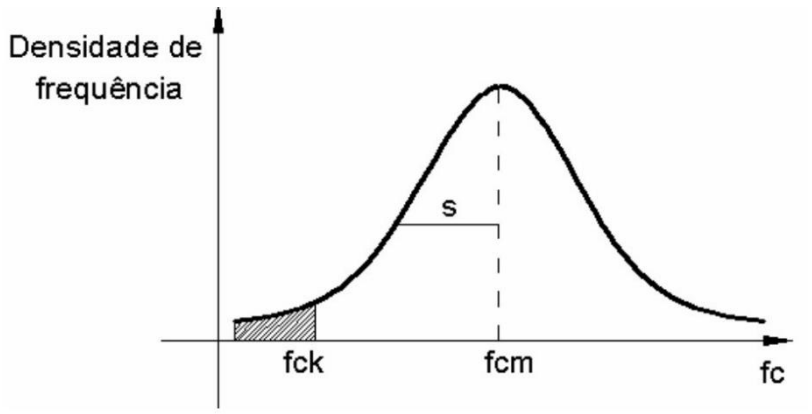


Figura 5 – Distribuição normal das resistências à compressão do concreto

CEBRASPE (CESPE) - 2019 - Analista Judiciário (TJ AM)/Engenharia Civil

Com relação ao concreto fresco, julgue os itens a seguir.

No caso de uma amostra de corpos de prova que represente todo o concreto de uma estrutura, os resultados dos ensaios de resistência à compressão mostrarão uma curva de distribuição de frequência característica com a forma de uma distribuição Weilbull.

C) Certo

E) Errado

COMENTÁRIO

ERRADO. Como vimos, os resultados dos ensaios de resistência à compressão assumem a forma de uma distribuição normal.

GABARITO: ERRADO

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1041222

Em uma análise inicial, poderíamos caracterizar a resistência do concreto pela média dos valores obtidos. No entanto, nesse caso, não estaríamos considerando a dispersão observada entre as resistências dos diversos corpos de prova.

Além disso, estaríamos adotando um valor bastante inseguro. A média, numa distribuição normal, tem seu valor superado em apenas 50% dos casos. Ou seja, metade das resistências reais do concreto são inferiores à média.

Nesse contexto, surge a figura da **resistência característica à compressão do concreto** (f_{ck}), que é definida como o valor que apresenta um grau de confiança de 95%; isto é, que é superado em 95% dos casos.

Conforme a resistência característica, os concretos poder ser divididos em classes:

- Não estruturais: C10, C15;
- Estruturais:
  - Grupo I: C20, C25, C30, C35, C40, C45 e C50;
  - Grupo II: C55, C60, C70, C80, C90 e C100.

ATENÇÃO: NÃO CONFUNDIR RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA COM RESISTÊNCIA DE DOSAGEM

A resistência característica à compressão não tem o mesmo valor que a resistência de dosagem do concreto. A resistência de dosagem leva em consideração a variabilidade da resistência do concreto durante a construção.

A resistência de dosagem é calculada conforme a NBR 12655:2022:

$$f_{cmj} = f_{ckj} + 1{,}65 * s_d$$

Na qual:

- f_{cmj} é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias. É a resistência de dosagem;
- f_{ckj} é a resistência característica do concreto à compressão, aos j dias de idade, prescrita pelo engenheiro estrutural;
- s_d é o desvio padrão de dosagem.

E esse desvio padrão, onde encontro? Há duas possibilidades. A primeira é a de um desvio padrão conhecido:

> *Quando o concreto for elaborado com os mesmos materiais, mediante equipamentos similares e sob condições equivalentes, o valor numérico do desvio- padrão deve ser fixado com no mínimo 20 resultados consecutivos obtidos no intervalo de 30 dias, em período imediatamente anterior. Em nenhum caso, o valor de s_d adotado pode ser menor que 2 MPa.*

A segunda é para um concreto com desvio-padrão desconhecido. Nesse caso, o desvio-padrão depende da condição de preparo do concreto (Tabela 2).

CONDIÇÃO DE PREPARO	DESCRIÇÃO	DESVIO PADRÃO (MPa)
A	Aplicável a todas as classes de concreto. Cimento e agregados medidos em massa. Água medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigido em função da umidade dos agregados.	4,0
B	Concreto da classe C10 a C20. Cimento medido em massa. Água medida em volume mediante dispositivo dosador. Agregados medidos em massa combinada com volume.	5,5
C	Concreto de classe C10 e C15. Cimento medido em massa. Agregados medidos em volume. Água medida em volume e corrigida em função da umidade dos agregados e da consistência do concreto.	7,0

Tabela 2 – Condições de preparo do concreto e desvio-padrão prescrito para dosagem[2]

5.2. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

A resistência do concreto à tração, apesar de bastante inferior à resistência à compressão, é importante para a determinação da capacidade resistente de peças sujeitos a esforços cortantes e para a fissuração.

A determinação da resistência à tração do concreto, em geral, é feita por meio de três tipos de ensaio: **flexotração**, **compressão diametral (tração indireta)** e **tração direta**.

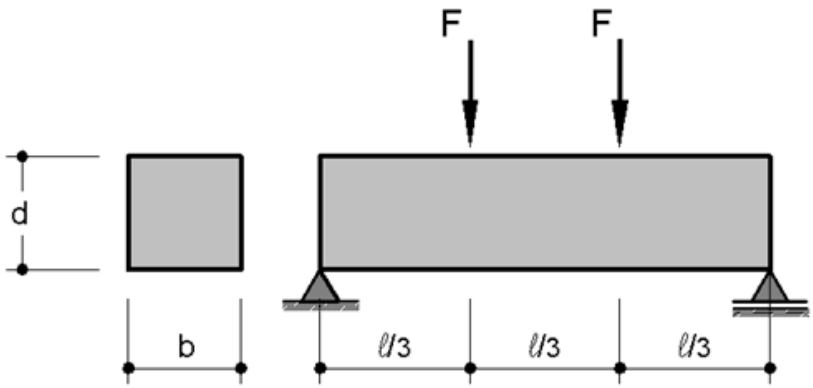


Figura 6 – Ensaio de flexotração

[2] *NBR 12655:2022*

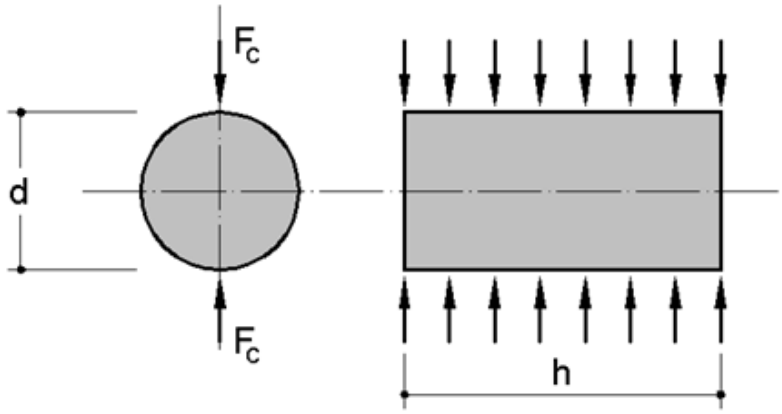


Figura 7 – Ensaio de compressão diametral (tração indireta)

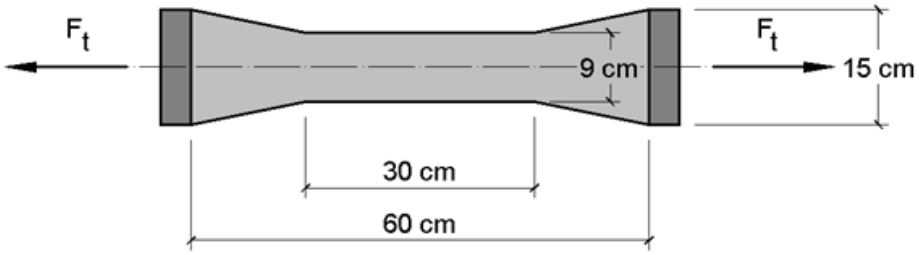


Figura 8 – Ensaio de tração direta

FGV - 2023 - Auditor do Estado (CGE SC)/Engenharia Civil

No recebimento do concreto em uma obra, retiraram-se algumas amostras para realização de testes em prensas hidráulicas em laboratório.

As figuras a seguir representam esses testes.

(1)

(2)

Os testes (1) e (2) permitem avaliar, respectivamente,

A) a resistência à tração do concreto e a resistência à compressão do concreto.

B) a resistência à compressão do concreto e a resistência à flexão do concreto.

C) a resistência ao cisalhamento do concreto e a resistência à compressão do concreto.

D) a resistência ao cisalhamento do concreto e a resistência à tração do concreto.

E) a resistência à flexão do concreto e a resistência à compressão do concreto.

COMENTÁRIO

A figura (1) apresenta um ensaio de **compressão diametral**, que é empregado para avaliar a **resistência à tração do concreto**.

A figura (2) apresenta um ensaio de **compressão centrada**, usado para determinar a **resistência à compressão do concreto**.

O gabarito é a alternativa A!

GABARITO: A

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2295879

5.3. MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO

O módulo de elasticidade do concreto é uma medida do quanto este se deforma quando solicitado por tensões, geralmente, de compressão. Ele depende dos materiais empregados, a exemplo dos agregados empregados e da pasta de cimento.

A NBR 6118:2014 traz dois valores (Figura 9) para este módulo: módulo de elasticidade tangente inicial (E_{ci}) e o módulo de elasticidade secante (E_{cs}).

Do gráfico, duas importantes propriedades desses módulos – e que já foram cobradas em prova – podem ser observadas:

- O **módulo de elasticidade secante** é sempre menor ou igual que o **módulo de elasticidade tangente inicial**;
- Para o cálculo de deformações (flechas) de longo prazo, o **módulo de elasticidade secante** é mais importante que o **inicial**.

O **módulo de elasticidade tangente inicial** aos 28 dias pode ser estimado por:

$$E_{ci} = \alpha_E * 5600 * \sqrt{f_{ck}}$$

Na qual:

- α_E = 1,2 para basalto e diabásio;
- α_E = 1,0 para granito e gnaisse;
- α_E = 0,9 para calcário;
- α_E = 0,7 para arenito.

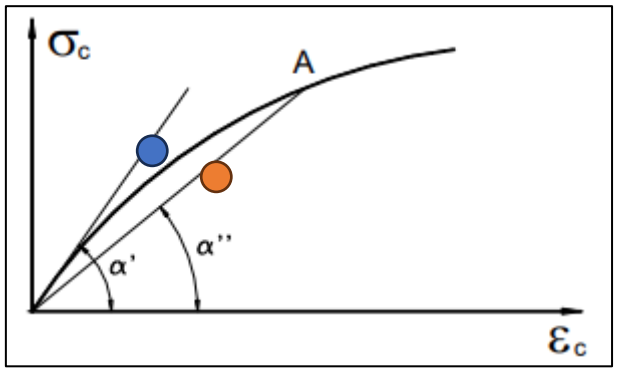


Figura 9 – Determinação do módulo de elasticidade do concreto[3]

Essa equação pode ser aplicada para concretos até a classe C50. Para as demais, a equação para cálculo possui expressões mais difíceis de serem resolvidas manualmente (uma raiz cúbica) e, por isso, possui uma chance menor de ser cobrada em provas.

Este tópico foi cobrado recentemente pela VUNESP, veja:

VUNESP - 2023 - Engenheiro (Pref GRU)/Civil

No projeto de estruturas usuais de concreto, quando não forem realizados ensaios, pode-se estimar o valor do módulo de elasticidade inicial do concreto. Para o concreto de fck igual a 25 MPa, executado com agregado graúdo de granito, o módulo de elasticidade inicial é igual a

A) 22 000 MPa.

B) 24 000 MPa.

C) 28 000 MPa.

D) 30 000 MPa.

E) 35 000 MPa.

[3] Bastos (2019)

COMENTÁRIO

A questão requer que o candidato tenha memorizado (1) a equação para cálculo do módulo de elasticidade inicial do concreto e (2) o valor do coeficiente α_E a ser empregado. Como o agregado utilizado é granito, esse valor é de 1,0. Assim:

$$E_{ci} = \alpha_E * 5600 * \sqrt{f_{ck}}$$

$$E_{ci} = 1{,}0 * 5600 * \sqrt{25} = 5600 * 5$$

$$\boldsymbol{E_{ci} = 28000\ MPa}$$

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2395305

GABARITO: C

O **modulo de elasticidade secante** é obtido a partir do módulo de elasticidade tangente inicial, por meio da equação:

$$E_{cs} = \alpha_i * E_{ci}$$

Na qual:

$$\alpha_i = 0{,}8 + 0{,}2 * \frac{f_{ck}}{80} \leq 1{,}00$$

O cálculo do módulo de elasticidade secante não foi cobrado em provas recentes, mas reafirma uma das propriedades evidenciadas antes: **o módulo secante sempre será menor ou igual ao módulo inicial**.

6. DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

6.1. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO

Os métodos de dimensionamento das estruturas de concreto podem ser classificadas, basicamente, em dois grupos:

- **Método clássico, ou método das tensões admissíveis**: determinam-se as solicitações correspondentes às cargas máximas de serviço (momentos, esforços normais e esforços cortantes) e, então, calculam-se as tensões máximas correspondentes a essas solicitações, supondo um comportamento completamente elástico dos materiais. Essas tensões são limitadas a uma fração da resistência dos materiais (tensão admissível), garantindo a segurança da estrutura;
- **Método de cálculo na ruptura (ou método dos estados limites)**: a segurança, nesse método, é garantida fazendo com que as solicitações, majoradas (solicitações de cálculo), sejam inferiores às solicitações últimas (capacidade resistente), que levariam à ruptura da estrutura, calculadas a partir de resistências minoradas.

A norma ABNT NBR 6118:2023 prevê que a segurança das estruturas será feita por meio da verificação de condições construtivas de segurança e de condições analíticas de segurança.

As condições construtivas de segurança consistem no atendimento das exigências de:

- Detalhes construtivos, constantes das seções 18 e 20 da referida norma;
- Normas de controle dos materiais, especialmente a ABNT NBR 12655;
- Controle de execução da obra, conforme ABNT NBR 14931 e Normas brasileiras específicas.

As condições analíticas de segurança dizem que “as resistências não podem ser menores que as solicitações e devem ser verificadas em relação a todos os estados-limites e todos os carregamentos especificados para o tipo de construção considerado, ou seja, em qualquer caso deve ser respeitada a condição:

$$R_d \geq S_d$$

Em que:

- R_d é o esforço resistente de cálculo;
- S_d é o esforço solicitante de cálculo.

6.1.1. Estados-limites

Para o dimensionamento das estruturas, consideração **estados-limites últimos** e **estados-limites de serviço**.

Um **estado-limite último** trata do estado limite relacionado ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura. Os **estados-limites de serviço**, por outro lado, estão associados ao conforto do usuário e à durabilidade, aparência e boa utilização das estruturas.

As verificações previstas na NBR 6118:2023 para estruturas de concreto armado são:

Estados limites últimos	Estados limites de serviços
a) perda do equilíbrio da estrutura, admitida como corpo rígido; b) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, devido às solicitações normais e tangenciais; c) esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando os efeitos de segunda ordem: d) estado-limite último provocado por solicitações dinâmicas e) colapso progressivo; f) esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando exposição ao fogo; g) esgotamento da capacidade resistente da estrutura, considerando ações sísmicas; h) outros estados-limites últimos que eventualmente possam ocorrer em casos especiais.	a) estado-limite de formação de fissuras (ELS-F), estado em que se inicia a formação de fissuras; b) estado-limite de abertura das fissuras (ELS-W), estado em que as fissuras se apresentam com aberturas iguais aos valores máximos especificados em 13.4.2 (ver 17.3.3); c) estado-limite de deformações excessivas (ELS-DEF), estado em que as deformações atingem os limites estabelecidos para a utilização normal, dados em 13.3 (ver 17.3.2); d) estado-limite de vibrações excessivas (ELS-VE), estado em que as vibrações atingem os limites estabelecidos para a utilização normal da construção.

Tabela 3 – Estados-limites últimos e de serviço previstos na ABNT NBR 6118:2023

CEBRASPE (CESPE) - 2022 - Perito Criminal (POLITEC RO)/Engenharia Civil/Área 9

Julgue os seguintes itens, relativos a estado-limite último e estado-limite de serviço.

I. Estado-limite de serviço relaciona-se ao conforto do usuário e à durabilidade, aparência e boa utilização das estruturas, seja em relação aos usuários, seja em relação às máquinas e aos equipamentos suportados pelas estruturas.

II. Estado-limite último refere-se ao esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, devido às solicitações normais e tangenciais.

III. Na avaliação dos estados-limites últimos, consideram-se efeitos de segunda ordem.

IV. Na avaliação de segurança das estruturas de concreto, deve-se, sempre, verificar o estado-limite último considerando a exposição do concreto ao fogo.

V. Na avaliação de segurança das estruturas de concreto, deve-se, sempre, verificar o estado-limite último considerando ações sísmicas.

Assinale a opção correta

A) Apenas os itens I e II estão certos.

B) Apenas os itens III e V estão certos.

C) Apenas os itens I, II e IV estão certos.

D) Apenas os itens III, IV e V estão certos.

E) Todos os itens estão certos.

COMENTÁRIO

O item I traz a literalidade do item 10.4 da NBR 6118:2023 e, portanto, está **CERTO**:

> ***10.4 Estados-limites de serviço (ELS)***
>
> *Estados-limites de serviço são aqueles relacionados ao conforto do usuário e à durabilidade, aparência e boa utilização das estruturas, seja em relação aos usuários, seja em relação às máquinas e aos equipamentos suportados pelas estruturas.*

Os demais itens apresentam estados limites-últimos trazidos pela NBR 6118:2023, no item 10.3:

> ***10.3 Estados-limites últimos (ELU)***
>
> *A segurança das estruturas de concreto deve sempre ser verificada em relação aos seguintes estados-limites últimos:*

a) estado-limite último da perda do equilibrio da estrutura, admitida como corpo rígido;

b) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, devido às ***solicitações normais e tangenciais****, admitindo-se a redistribuição de esforços internos, desde que seja respeitada a capacidade de adaptação plástica definida na Seção 14, e admitindo-se, em geral, as verificações separadas das solicitações normais e tangenciais; todavia, quando a interação entre elas for importante, ela estará explicitamente indicada nesta Norma;*

c) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando os ***efeitos de segunda ordem****;*

d) estado-limite último provocado por solicitações dinâmicas (ver Seção 23);

e) estado-limite último de colapso progressivo;

f) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando ***exposição ao fogo****, conforme a ABNT NBR 15200;*

g) estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, considerando ***ações sísmicas****, de acordo com a ABNT NBR 15421;*

h) outros estados-limites últimos que eventualmente possam ocorrer em casos especiais.

Logo, todos os itens estão CERTOS! O gabarito é a alternativa E.

GABARITO: E

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2118322

6.2. AÇÕES

Segundo a ABNT NBR 8681:2003, uma **ação** é qualquer causa que provoque **esforços ou deformações na estrutura**. Em geral, classificam-se chamam-se de **ações diretas** as **forças** e de **ações indiretas** as **deformações impostas**.

Além disso, podem ser classificadas em permanente, variáveis, excepcionais e acidentais, como segue:

Ações permanentes

- Ações que ocorrem com valores constantes ou com pequena variação em torno do média, durante praticamente toda a vida da construção. A variabilidade das ações permanentes é medida num conjunto de construções análogas.

Ações variáveis

- Ações que ocorrem com valores que apresentam variações significativas em torno de sua média, durante a vida da construção.

Ações excepcionais

- Ações excepcionais são as que têm duração extremamente curta e muita baixa probabilidade de ocorrência durante a vida da construção, mas que devem ser consideradas nos projetos de determinadas estruturas.

Cargas acidentais

- Cargas acidentais são as ações variáveis que atuam nas construções em função de seu uso (pessoas, mobiliário, veículos, materiais diversos etc.).

Figura 10 – Tipos de ações conforme a ABNT NBR 8681:2003

A ABNT 6118:2023 traz, especificamente, exemplos destas ações para as estruturas de concreto, da seguinte forma:

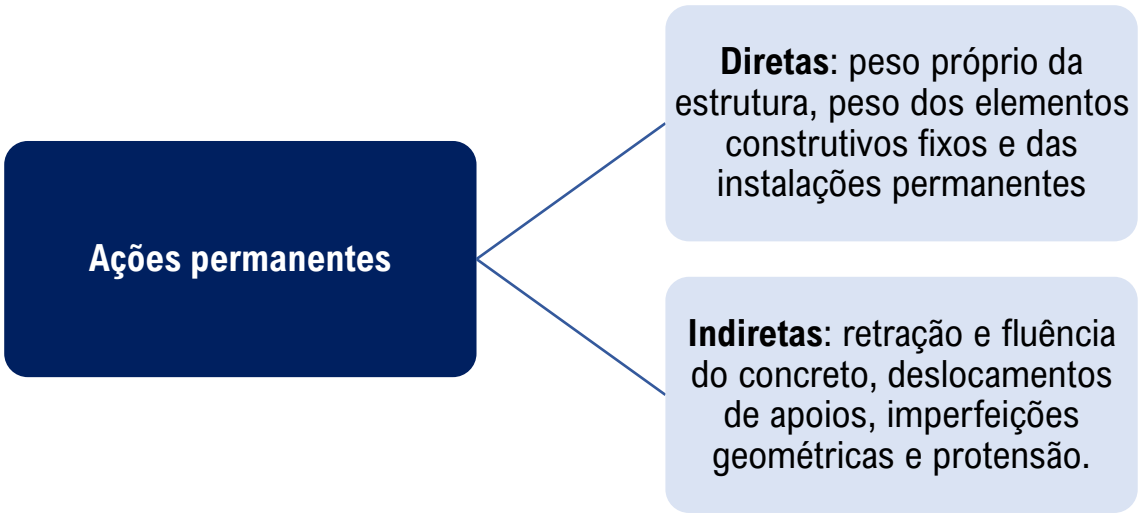

Ações permanentes
Diretas: peso próprio da estrutura, peso dos elementos construtivos fixos e das instalações permanentes
Indiretas: retração e fluência do concreto, deslocamentos de apoios, imperfeições geométricas e protensão.

Figura 11 – Tipos de ações segundo a ABNT NBR 6118:2023

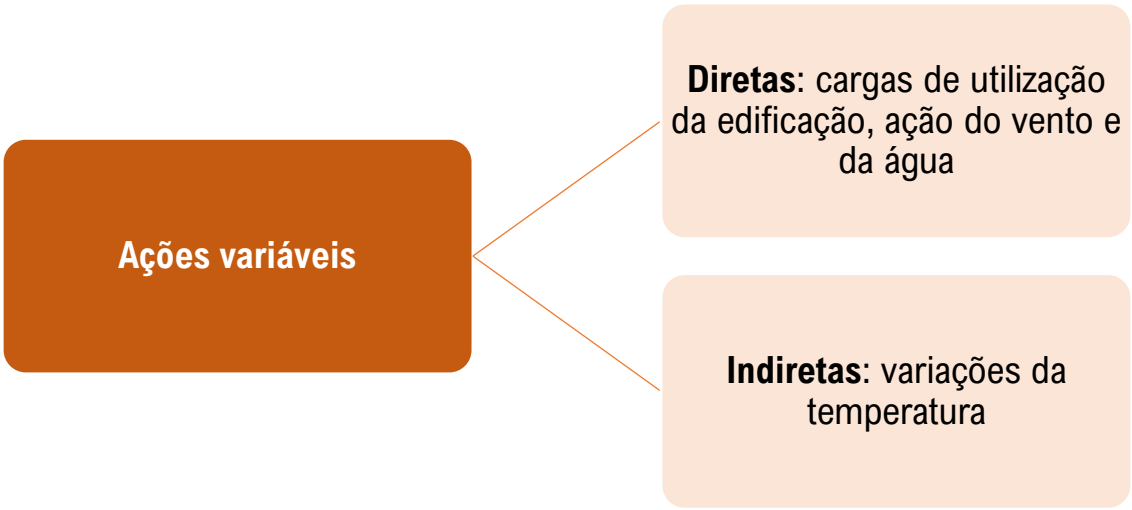

Ações variáveis
Diretas: cargas de utilização da edificação, ação do vento e da água
Indiretas: variações da temperatura

Figura 11 – Tipos de ações segundo a ABNT NBR 6118:2023 (Continuação)

ATENÇÃO: A ABNT NBR 6118:2023 considera as ações verticais de utilização da edificação como ações variáveis diretas diferentemente da ABNT NBR 8681:2023, que as chama de cargas acidentais.

CEBRASPE (CESPE) - 2022 - Especialista em Gestão de Telecomunicações (TELEBRAS)/Engenheiro Civil

Ao visitar a construção de uma edificação em concreto armado, o engenheiro vistoriador observou que o projeto estrutural não possuía avaliação de conformidade, conforme exigido em norma. Porém, o engenheiro construtor informou que o próprio projetista realizou a avaliação, registrando-a em documento específico. O vistoriador também observou no projeto que as fissuras sob ação de combinações frequentes poderia causar corrosão das armaduras passivas; e que as imperfeições geométricas das peças já concretadas estavam gerando ações permanentes na estrutura, não consideradas no cálculo.

Com relação ao caso hipotético apresentado, julgue o item subsequente, de acordo com a NBR ABNT 6118:2014.

As imperfeições geométricas das peças já concretadas constituem ações permanentes indiretas na estrutura de concreto.

C) Certo

E) Errado

COMENTÁRIO

A questão aponta para a NBR 6118 como referência para a resposta. Nela, as imperfeições geométricas são classificadas ações permanente indiretas. Logo, o item está **CERTO**!

Outo modo de analisar, considerando os conceitos da NBR 8681:2003, seria definir se a carga varia consideravelmente ao longo da vida útil da estrutura, e se é uma força ou deformação.

As imperfeições geométricas de uma estrutura não se alteram de modo considerável ao longo da vida útil da construção, assim, é uma ação permanente.

Além disso, não é uma força e sim uma deformação, logo, é uma ação indireta.

GABARITO: CERTO

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1980558

6.2.1. Ação do vento sobre as edificações

A norma ABNT NBR 6123:2023 trata do cálculo das forças devido ao vento em edificações. Ela exige que tais forças sejam calculadas, separadamente, para:

- Elemento de vedação e suas fixações (telhas, vidros, esquadrias, painéis de vedação etc.);
- Partes da edificação (telhados, paredes etc.);
- A edificação como um todo.

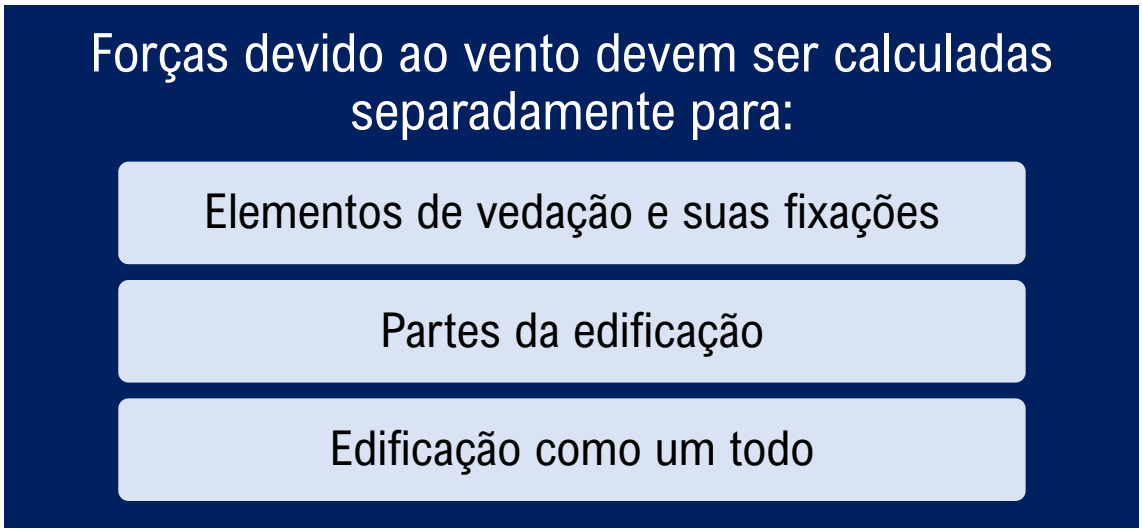

Forças devido ao vento devem ser calculadas separadamente para:
Elementos de vedação e suas fixações
Partes da edificação
Edificação como um todo

Figura 12 – Cálculo da força do vento conforme a ABNT NBR 6123:2023

Dois importantes conceitos trazidos por esta norma são o de **velocidade básica do vento** e o de **velocidade característica do vento**.

A **velocidade básica do vento** é definida como "a velocidade uma rajada de 3 s, a 10 m acima do terreno, em campo aberto e plano, excedida em média uma vez em 50 anos". Essa velocidade é obtida a partir de um mapa de isopletas, normatizado:

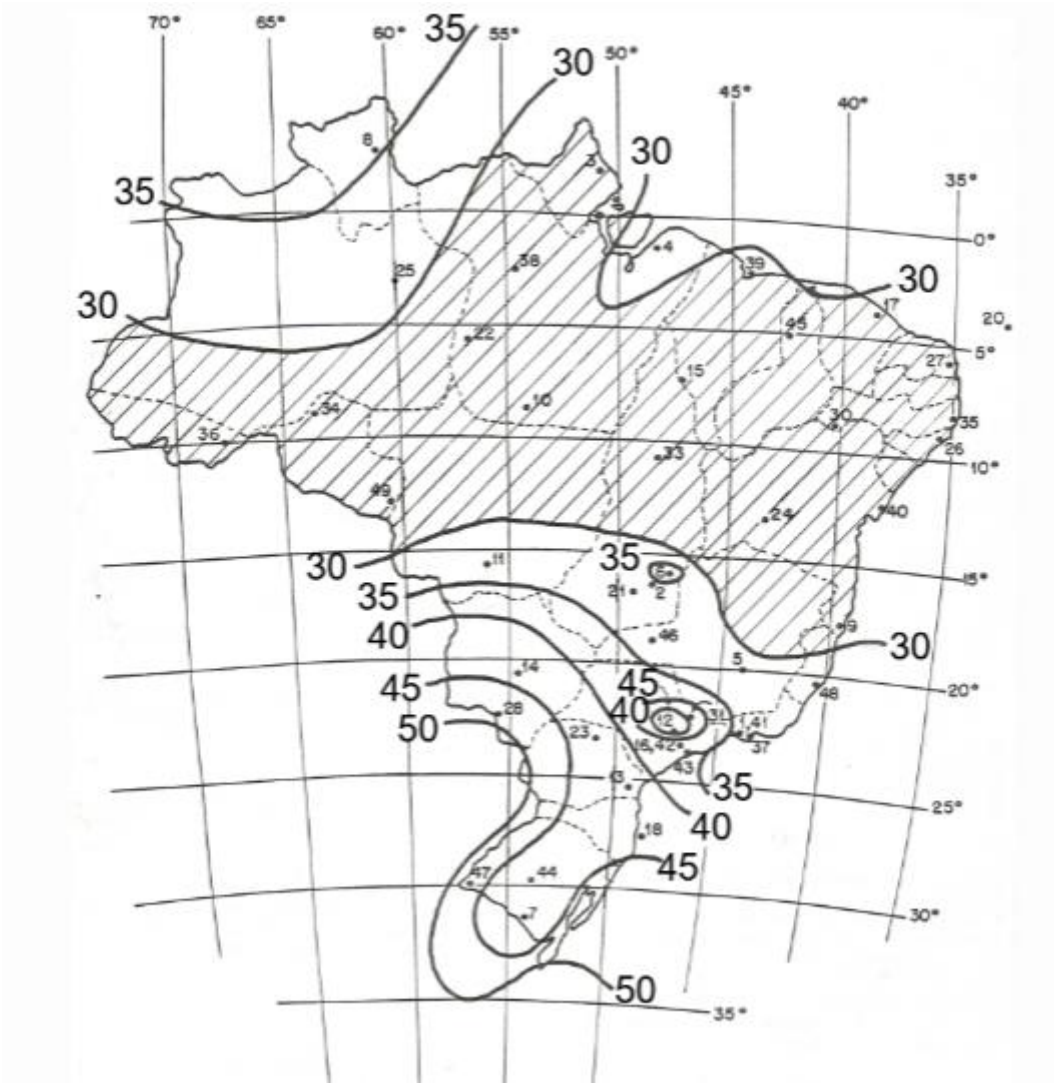


Figura 13 – Isopletas de velocidade básica V_0 (m/s)

A velocidade característica do vento é obtida multiplicando a velocidade básica por três fatores (S_1, S_2 e S_3). Estes fatores consideram, respectivamente:

- $\boldsymbol{S_1}$: fator topográfico, que considera as variações do relevo do terreno;
- $\boldsymbol{S_2}$: rugosidade do terreno, dimensões da edificação, estrutura ou componente e altura sobre o terreno;
- $\boldsymbol{S_3}$: fator estatístico, que considera o grau de segurança requerido para a edificação, estrutura ou componente e a sua vida útil.

Em alguns casos, é preciso considerar influência das edificações da vizinhança no estudo. Essas edificações, em geral, podem causar o aumento das forças do vento de três modos:

- **Efeito *venturi***: as edificações vizinhas podem causar um "afunilamento" do vento e, consequentemente, alterar as pressões;
- **Deflexão do vento na vertical**: edificações altas defletem, para baixo, o vento e, assim, provocam aumento da velocidade do vento próximo ao solo;
- **Turbulência da esteira**: a turbulência gerada na esteira pode causar efeitos dinâmicas consideráveis e alterações nas pressões.

Algumas questões que tratam do assunto:
https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1980562
https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1980563

CEBRASPE (CESPE) - 2022 - Especialista em Gestão de Telecomunicações (TELEBRAS)/Engenheiro Civil

Preocupado com a ação dos ventos em uma edificação em construção, o fiscal da obra realizou uma inspeção na vizinhança e consultou o projeto. Baseado nas informações levantadas, observou que:

- as forças oriundas dos ventos consideradas no projeto foram calculadas em conjunto para todos os elementos da edificação;
- a velocidade adotada para verificar a segurança da estrutura durante a sua execução foi menor do que a máxima velocidade característica do vento;
- estavam sendo construídas novas edificações próximas à obra, não previstas na fase de projeto, as quais poderiam afetar o estudo da influência da vizinhança no aumento da força dos ventos.

Tendo como referência o caso hipotético apresentado, julgue o item subsecutivo, conforme a NBR ABNT 6123:1988.

Como o tempo de construção é pequeno em relação à vida útil da construção, dependendo do método e sequência construtiva, na verificação da segurança da estrutura parcialmente executada é aceitável adotar uma velocidade característica do vento menor.

C) Certo

E) Errado

COMENTÁRIO

A versão anterior da ABNT NBR 6123, de 1988, previa esta redução da velocidade característica do vento, em seu item 4.1:

> ***4.1 Vento sobre estruturas parcialmente executadas***
>
> *A força do vento sobre uma* ***estrutura parcialmente executada*** *depende do método e da sequência da construção. É razoável admitir que a máxima velocidade característica do vento, V, não ocorrerá durante um período pequeno de tempo. Assim sendo,* ***a verificação da segurança em uma estrutura parcialmente executada pode ser feita com uma velocidade característica menor****.*

Nesta ótica, a questão seria **CERTA**!

No entanto, tal norma foi revisada no ano de 2023 e esta prescrição não foi reproduzida na versão atual. De modo que, atualmente, a questão é **ERRADA**!

GABARITO ORIGINAL: CERTO
GABARITO ATUAL: ERRADO
Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1980565

6.3. COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO

Como vimos, no dimensionamento pelo método de cálculo na ruptura, os esforços solicitantes são majorados e as resistências dos materiais são minorados por **coeficiente de ponderação**.

6.3.1. Coeficiente de minoração das resistências

O item 12.4.1 da ABNT NBR 6118:2023 traz coeficientes de minoração das resistências para o estado-limite último para o concreto e para o aço:

Combinações	Concreto γ_c	Aço γ_s
Normais	1,4	1,15
Especiais ou de construção	1,2	1,15
Excepcionais	1,2	1,00

Tabela 4 – Coeficientes de minoração das resistências da ABNT NBR 6118:2023

As combinações de ações não são, usualmente, em concursos das maiores bancas e, por isso, não são detalhadas nesse resumo.

Aqui, o importante é decorar os coeficientes para as combinações normais: $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$.

Em condições desfavoráveis de execução dos elementos estruturais (más condições de transporte, adensamento manual ou concretagem deficiente por concentração de armadura, por exemplo), o coeficiente γ_c deve ser multiplicado por 1,1.

FCC - 2022 - Analista Judiciário (TRT 17ª Região)/Apoio Especializado/Engenharia Civil

No projeto de uma viga usual de concreto armado no estado-limite último, em situações de combinações normais de solicitações, para um concreto com resistência característica à compressão aos 28 dias de 20 MPa, a resistência de cálculo do concreto, considerando a condição desfavorável de adensamento manual, é aproximadamente,

A) 12 MPa.

B) 10 MPa.

C) 13 MPa.

D) 14 MPa.

E) 15 MPa.

COMENTÁRIO

O coeficiente padrão de minoração do concreto, para as ponderações normais, é $\gamma_c = 1{,}4$. No entanto, a questão afirma que há condição desfavorável de execução da estrutura (adensamento manual), caso que que a norma exige que $\gamma_c$seja multiplicado por 1,1. Assim:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c \times 1{,}1} = \frac{20}{1{,}4 \times 1{,}1} = \frac{20}{1{,}54} = 12{,}99 \cong \boldsymbol{13\ MPa}$$

A alternativa correta é a C!

GABARITO: C

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2273422

6.3.2. Coeficientes de majoração das ações

Os coeficientes de majoração das ações são previstos no item 11.7 da ABNT NBR 6118:2023, da seguinte forma:

$$\gamma_f = \gamma_{f1} \times \gamma_{f2} \times \gamma_{f3}$$

Em que:

- γ_{f1} considera a variabilidade das ações;
- γ_{f2} considera a simultaneidade de atuação das ações;
- γ_{f3} considera os possíveis desvios gerados nas construções e as aproximações feitas em projeto do ponto de vista das solicitações.

Os valores específicos destes coeficientes não são cobrados pelas maiores bancas. Em geral, este valor já é fornecido pela banca.

6.4. CLASSES DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

Um dos principais fatores pela perda da qualidade e durabilidade do concreto é a agressividade do meio em que está inserido. A agressividade ambiental está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas.

A norma ABNT NBR 6118:2023 permite uma classificação simplificada da agressividade ambiental, em classes, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes. Essa classificação é feita da seguinte maneira:

Classe de agressividade ambiental (CAA)	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submerso	
II	Moderada	Urbano[a, b]	Pequeno
III	Forte	Marinho[a]	Grande
		Industrial[a, b]	
IV	Muito forte	Industrial[a, c]	Elevado
		Respingos de maré	

a) Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

b) Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

c) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas, elementos em contato com solo contaminado ou água subterrânea contaminada.

Tabela 5 – Classes de agressividade ambiental previstas na ABNT NBR 6118:2023

FCC - 2022 - Analista Judiciário (TRT 4ª Região)/Apoio Especializado/Engenharia Civil

Nos projetos de estruturas de concreto armado, a agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas. Nos projetos das estruturas correntes, a agressividade ambiental deve ser classificada e pode ser avaliada, simplificadamente, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes. Nos armazéns de fertilizantes e tanques industriais, a classe de agressividade ambiental e o risco de deterioração da estrutura, são, respectivamente

A) I e pequeno.

B) II e pequeno.

C) II e grande.

D) III e grande.

E) IV e elevado.

COMENTÁRIO

Ambientes industriais, em geral, podem ser classificados nas classes de agressividade ambiental (CAA) III – Forte ou IV – Muito forte. Para a classe IV, a ABNT NBR 6118:2023 prevê a aplicabilidade aos seguintes tipos de ambientes:

- Ambientes quimicamente agressivos;
- **Tanques industriais;**
- Galvanoplastia;
- Branqueamento em indústrias de celulose e papel;
- **Armazéns de fertilizantes;**
- Indústrias químicas;
- Elementos em contato com solo contaminado ou água subterrânea contaminada.

As áreas descritas no enunciado – tanques industriais e armazéns de fertilizantes – devem ser classificados na CAA IV e o gabarito, portanto, é a alternativa E.

Preciso decorar a lista de ambientes da classe IV? NÃO NECESSARIAMENTE, os ambientes industriais são os únicos que se repetem em duas classes. Se a questão falar apenas de ambiente industrial, se tratará da CAA III; se incluir algum qualificante (descrição de um tipo industrial), provavelmente se tratará da CAA IV.

GABARITO: E

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2112170

6.4.1. Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e qualidade do concreto

O estabelecimento de parâmetros mínimos de qualidade de concreto deve advir de ensaios de comprobatórios de desempenho da durabilidade da estrutura frente ao tipo e classe de agressividade ambiental.

No entanto, na ausência destes estudos, a ABNT NBR 6118:2023, item 7.4.2, exige que sejam atendidos, simultaneamente, as seguintes exigências:

Requisito	Tipo	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
Relação água-cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

CA – Concreto Armado
CP – Concreto protendido

Esse é um dos tópicos mais cobrados em provas quando o conteúdo é "Concreto Armado" e, ao invés de decorar os valores, é melhor aprender a montar a tabela!

Vamos fazer isso em quatro passos:

1. Montamos, inicialmente, o "esqueleto da nossa tabela, com as quatro classes de agressividade ambiental e o fator água-cimento e classe de concreto, tanto para o concreto armado (CA) quanto para o concreto protendido (CP)

		I	II	III	IV
RELAÇÃO A/C ≤	CA				
	CP				

CLASSE DO CONCRETO ≥	CA				
	CP				

2. Decoro dois números: 40 e 45!
   - 0,45 é fator água-cimento para a CAA IV;
   - C40 é a classe de concreto para a CAA IV;

		I	II	III	IV
RELAÇÃO A/C ≤	CA				0,45
	CP				0,45

CLASSE DO CONCRETO ≥	CA				C40
	CP				C40

Figura 14 – Construção da tabela das classes do concreto e fatores água-cimento máximos conforme as classes de agressividade ambiental

3

Completamos, agora, as linhas para o CONCRETO PROTENDIDO, partindo da última coluna para a primeira!

- No fator A/C: vou somando 0,05;
- Para a classe de concreto, volto diminuindo 5.

RELAÇÃO A/C ≤

	I	II	III	IV
CA				0,45
CP	0,60	0,55	0,50	0,45

+0,05

CLASSE DO CONCRETO ≥

CA				C40
CP	C25	C30	C35	C40

-5

4

Para preencher a linha do CONCRETO ARMADO, basta:

- No fator A/C: somar 0,05 ao correspondente do CP;
- Para a classe de concreto, diminuir 5 do correspondente do CP.

RELAÇÃO A/C ≤

	I	II	III	IV
CA	0,65	0,60	0,55	0,45
CP	0,60	0,55	0,50	0,45

+0,05

CLASSE DO CONCRETO ≥

CA	C20	C25	C30	C40
CP	C25	C30	C35	C40

-5

Figura 14 – Construção da tabela das classes do concreto e fatores água-cimento máximo (Continuação)

FGV - 2021 - Auditor Técnico de Controle Externo (TCE-AM)/Auditoria de Obras Públicas

Com relação ao Item 7.4 da ABNT NBR 6118:2014, "Qualidade do concreto de cobrimento", analise as afirmativas a seguir, considerando V para a(s) verdadeira(s) e F para a(s) falsa(s).

( ) O concreto usado em estruturas de concreto protendido em ambientes com classe de agressividade ambiental IV não pode ter sua resistência característica à compressão menor que 35 MPa.

( ) O concreto usado em estruturas de concreto armado em ambientes com agressividade considerada forte não pode ter sua resistência característica à compressão menor que 30 MPa.

( ) O concreto usado em estruturas de concreto protendido em ambientes rurais não pode ter sua resistência característica à compressão menor que 25 MPa.

A sequência correta é:

A) V – F – V;

B) F – V – F;

C) V – V – F;

D) F – F – V;

E) F – V – V.

COMENTÁRIO

Na hora da prova, se cair uma questão dessa, sugiro monta a tabela, rapidinho, ao lado da questão. Nesse caso, precisaríamos apenas das classes de concreto pois nenhuma das afirmativas trata do fator água-cimento!

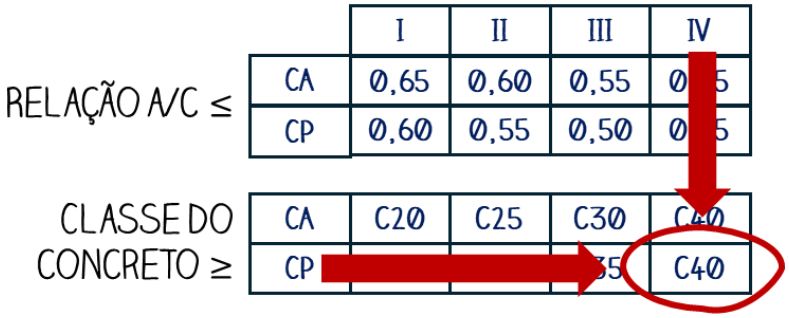
Vamos analisar as afirmativas uma a uma:

I. O concreto usado em estruturas de concreto protendido em ambientes com classe de agressividade ambiental IV não pode ter sua resistência característica à compressão menor que 35 MPa.

Temos duas informações importantes:

- Concreto protendido;
- Classe de agressividade ambiental IV!

Pela tabela que montamos, vemos que a resistência característica à compressão desse concreto não pode ser menor que **40 MPa**! A primeira afirmativa, portanto, é **FALSA**!

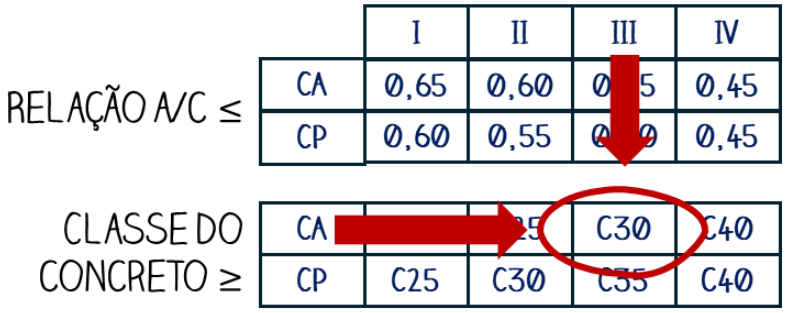


RELAÇÃO A/C ≤	I	II	III	IV
CA	0,65	0,60	0,55	0,[illegible]5
CP	0,60	0,55	0,50	0,[illegible]5

CLASSE DO CONCRETO ≥				
CA	C20	C25	C30	C40
CP	[illegible]	[illegible]	[illegible]	C40

II. O concreto usado em estruturas de concreto armado em ambientes com agressividade considerada forte não pode ter sua resistência característica à compressão menor que 30 MPa.

As classes de agressividade ambiental, em ordem crescente, são I – fraca, II – moderada, III – forte e IV – muito forte. Logo, na afirmativa, temos uma CAA III. Da tabela, temos que a classe de concreto requerida é, no mínimo, C30.



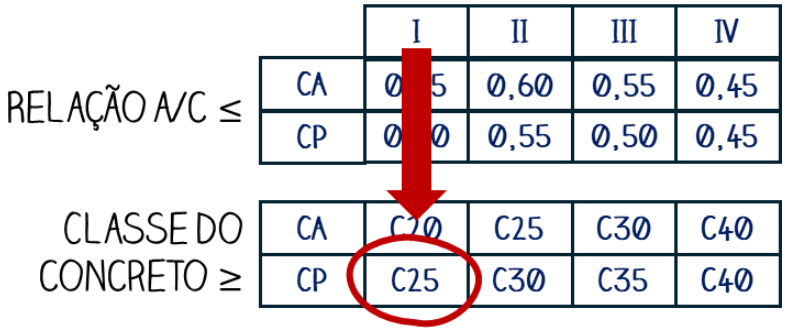
RELAÇÃO A/C ≤	I	II	III	IV
CA	0,65	0,60	0,[illegible]5	0,45
CP	0,60	0,55	0,[illegible]0	0,45

CLASSE DO CONCRETO ≥				
CA	[illegible]	[illegible]25	C30	C40
CP	C25	C30	C35	C40

A afirmativa, portanto, é **VERDADEIRA**!

III. O concreto usado em estruturas de concreto protendido em ambientes rurais não pode ter sua resistência característica à compressão menor que 25 MPa.

Ambientes rurais são classificados na CAA I. Portanto, da tabela, temos que a classe de concreto mínima é C25!



RELAÇÃO A/C ≤	I	II	III	IV
CA	0,[illegible]5	0,60	0,55	0,45
CP	0,[illegible]0	0,55	0,50	0,45

CLASSE DO CONCRETO ≥				
CA	C20	C25	C30	C40
CP	C25	C30	C35	C40

A afirmativa, portanto, é **VERDADEIRA**!

Logo, temos a seguinte sequência: F – V – V. O gabarito é a alternativa E!

GABARITO: E

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1713015

6.4.2. Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento mínimo

O item 7.4 da ABNT NBR 6118:2023 também traz valores mínimos, para o cobrimento nominal das armaduras em função da CAA e dos elementos estruturais, da seguinte forma:

Tabela 6 – Cobrimento nominal mínimo conforme as classes de agressividade ambiental da ABNT NBR 6118:2023

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV[c]
Concreto armado	Laje[b]	20	25	35	45
	Viga[b]/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo[d]	30		40	50
Concreto protendido[a]	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

a) Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

b) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal > 15 mm.

c) Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

d) No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal≥ 45 mm.

Aqui, novamente, é melhor aprender a montar a tabela:

1 Montamos, inicialmente, o "esqueleto" da nossa tabela, com as quatro classes de agressividade ambiental e cinco linhas, da seguinte forma:

		I	II	III	IV
CONCRETO ARMADO	LAJE				
	VIGA / PILAR				
	CONTATO COM SOLO				
CONCRETO PROTENDIDO	LAJE				
	VIGA / PILAR				

2 Decoro, novamente, dois números: 40 e 45! São os cobrimentos nominais, para a CAA III de lajes e vigas/pilares do CONCRETO PROTENDIDO!

		I	II	III	IV
CONCRETO ARMADO	LAJE				
	VIGA / PILAR				
	CONTATO COM SOLO				
CONCRETO PROTENDIDO	LAJE			40	
	VIGA / PILAR			45	

Figura 15 – Construção da tabela de cobrimentos nominais dos elementos estruturais conforme as classes de agressividade ambiental

3 A partir disso, preencho as colunas do CAA II e IV, diminuindo 10 e somando 10 a partir dos valores que preenchemos, respectivamente!

		I	II	III	IV
CONCRETO ARMADO	LAJE				
	VIGA / PILAR				
	CONTATO COM SOLO				
CONCRETO PROTENDIDO	LAJE		30	40	50
	VIGA / PILAR		35	45	55

-10 +10

4 Agora, preencheremos os correspondentes do CONCRETO ARMADO, diminuindo 5 dos valores já preenchidos!

		I	II	III	IV
CONCRETO ARMADO	LAJE		25	35	45
	VIGA / PIL		30	40	50
	COM S O				
CONCRETO PROTENDIDO	LAJE		30	40	50
	VIGA / PILAR		35	45	55

-5

Figura 15 – Construção da tabela de cobrimentos nominais dos elementos estruturais conforme as classes de agressividade ambiental (Continuação)

5 Para preencher a primeira coluna, agora, basta diminuir 5 dos valores das segunda coluna:

		I	II	III	IV
CONCRETO ARMADO	LAJE	20	25	35	45
	VIGA / PILAR	25	30	40	50
		-5			
	CONTATO COM SOLO				
		-5			
CONCRETO PROTENDIDO	LAJE	25	30	40	50
	VIGA / PILAR	30	35	45	55

6 Por fim, basta repetir o 30 - 40 - 50 na linha do meio!

		I	II	III	IV
CONCRETO ARMADO	LAJE	20	25	35	45
	VIGA / PILAR	25	30	40	50
	CONTATO COM SOLO	30		40	50
CONCRETO PROTENDIDO	LAJE	25	30	40	50
	VIGA / PILAR	30	35	45	55

Figura 15 – Construção da tabela de cobrimentos nominais dos elementos estruturais conforme as classes de agressividade ambiental (Continuação)

Pronto! Aqui está nossa tabela!

FGV - 2023 - Auditor de Controle Externo (TCE ES)/Engenharia Civil

O projeto de uma estrutura de concreto armado a ser construída em área urbana (classe de agressividade ambiental II) foi submetido para a análise do engenheiro da fiscalização. Após estudar os desenhos e as especificações e observar que os pilares apresentavam cobrimento de 30 mm, fator água/cimento igual a 0,65 e classe do concreto C30, o engenheiro aprovou o projeto.

É correto afirmar que a sua decisão foi:

A) correta, pois o projeto atendia as determinações normativas relativas ao projeto de pilares de concreto armado;

B) incorreta, pois o cobrimento do pilar está incompatível com a classe de agressividade ambiental;

C) incorreta, pois a classe do concreto está incompatível com a classe de agressividade ambiental;

D) incorreta, pois a relação água/cimento do pilar está incompatível com a classe de agressividade ambiental;

E) incorreta, pois a classe do concreto está incompatível com pilares de concreto armado.

COMENTÁRIO

Para resolver a questão, precisamos compilar informações das duas tabelas que construímos. Nesse caso, temos um pilar, em concreto armado, com classe de agressividade ambiental II. Temos, portanto, os seguintes requisitos de qualidade e cobrimento do concreto:

- Fator água-cimento ≤ 0,60;
- Classe de concreto ≥ C25;
- Cobrimento nominal ≥ 30 mm.

Com isso em mãos, podemos analisar as informações dadas no enunciado. O projetista prescreveu um cobrimento nominal de 30 mm, em conformidade com a norma. A classe de concreto prescrita foi a C30, superior ao mínimo de C25 exigido. Assim, a classe de concreto atende à norma.

Porém, o fator água-cimento prescrito foi de 0,65, maior que o valor máximo admitido, que é 0,60. Assim, tem-se que o projeto não deveria ter sido aprovado, pois “a relação água/cimento do pilar está incompatível com a classe de agressividade ambiental”.

O gabarito, portanto, é a alternativa D.

GABARITO: D

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2337168

- **Diâmetro máximo dos agregados**

Outra correlação importante com o cobrimento nominal é o diâmetro máximo dos agregados a serem usado na fabricação do concreto. De modo geral:

$$d_{máx} = 1{,}2 \times c_{nom}$$

As questões que cobram este assunto são bastante diretas!

VUNESP - 2023 - Engenheiro (Pref Pindamonhangaba)/Civil

Uma viga de concreto armado foi dimensionada para ter espessura nominal do cobrimento das armaduras de 3 cm. A dimensão máxima característica do agregado graúdo que pode ser utilizado no concreto é

A) 12 mm.

B) 24 mm.

C) 36 mm.

D) 42 mm.

E) 50 mm.

COMENTÁRIO

Para resolvermos a questão, basta aplicarmos a equação anterior:

$$d_{máx} = 1{,}2 \times c_{nom} = 1{,}2 \times 30\ mm$$

$$\boldsymbol{d_{máx} = 36\ mm\ (Alternativa\ C)}$$

GABARITO: C

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2491492

6.5. DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO

6.5.1. Estádios de deformação

Os **estádios de deformação** de uma viga dizem respeito ao seu comportamento à medida que vai sendo carregada até a ruptura. Isto é, de como se comportam as tensões, deformações e fissuração da viga quando submetida a um momento que se inicia muito pequeno e cresce até provocar a ruptura do elemento estrutural.

Para entendermos bem os estádios de deformação, é preciso entendermos o comportamento estrutural de uma peça de concreto submetida à compressão. Nas análises de estado-limite último, pode-se adotar um diagrama tensão deformação do concreto idealizado, como na Figura 16.

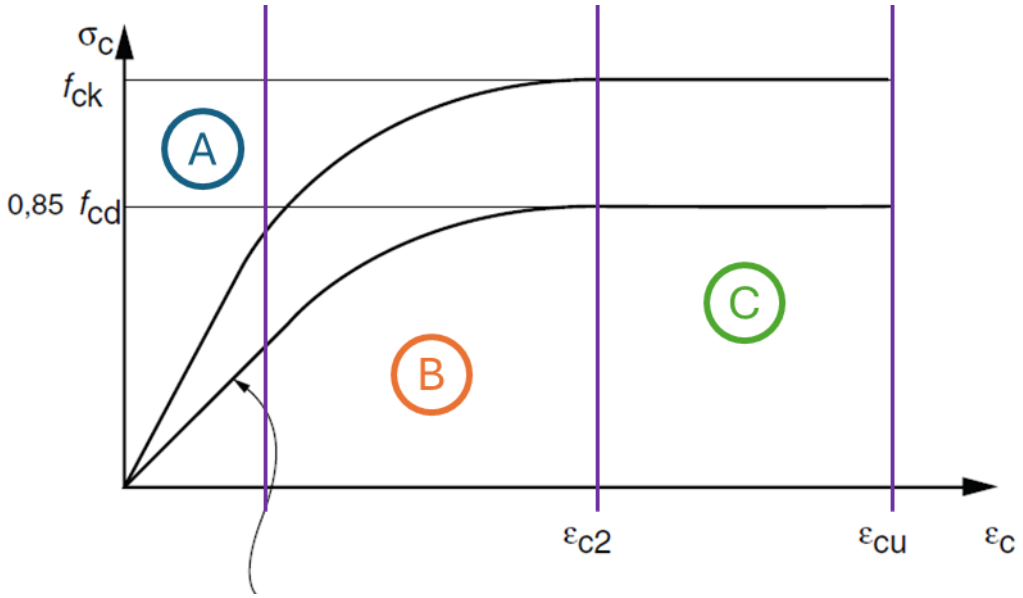
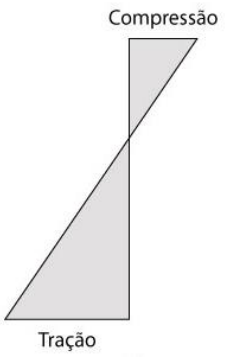


Figura 16 – Diagrama tensão-deformação idealizado do concreto à compressão

Para tensões muito baixas (A), a relação entre as tensões e deformações do concreto são lineares. Dizemos, neste caso, que o concreto tem comportamento elástico. À medida que as tensões aumentam, a relação destas com as deformações assume o formato de uma parábola (B). Por fim, a partir de um valor específico de deformação (ε_{c2}), o concreto passa a ter um comportamento plástico (C) e as deformações continuam a aumentar mesmo sem um aumento nas tensões, que procede até a ruptura (ε_{cu}).

Para concretos ate a classe C50, temos os seguintes valores de deformação específica: $\varepsilon_{c2} = 2‰$ e $\varepsilon_{cu} = 3{,}5‰$.

Numa viga de concreto submetida à flexão normal simples, este comportamento do concreto resulta em três estádios distintos de deformação:

Estádio	Descrição
	**Estádio I (estado elástico)** O momento fletor é de pequena intensidade (M_I) e as tensões de tração não ultrapassam a resistência característica à tração do concreto. O diagrama de tensão normal na seção é linear. As deformações nas fibras mais comprimidas são proporcionais às tensões. Não há fissuração visível.

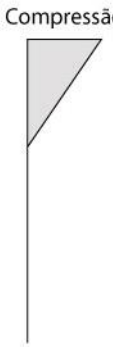
	**Estádio II (estado de fissuração)** Ao aumentar o momento fletor (M_{II}), as tensões de tração na maioria dos pontos abaixo da linha neutra ultrapassar a resistência característica à tração do concreto. Apenas o aço para a resistir aos esforços de tração. A tensão de compressão do concreto continua linear. As fissuras do concreto na tração são visíveis.
	Estádio III Aumenta-se ainda mais o valor do momento fletor, para próximo ao momento de ruína (M_u). A fibra mais comprimida do concreto começa a plastificar num valor de deformação específica de 0,2%, ou 2‰ (dois por mil) chegando até um valor de 0,35% (ou 3,5‰) sem aumento de tensão. O diagrama das tensões de concreto tende a ficar vertical (uniforme) com quase todas as suas fibras trabalhando com a tensão máxima.

Tabela 7 – Estádios de deformação

FCC - 2022 - Analista Judiciário (TRT 5ª Região)/Apoio Especializado/Engenharia

Para o cálculo e dimensionamento de vigas usuais de concreto armado, submetidas à flexão simples, devem ser considerados os estádios de deformação, que determinam o comportamento da viga até a ruína. No estádio III, a fibra mais comprimida do concreto plastifica e atinge o estado-limite último, caracterizado pela ruptura convencional do concreto, com a deformação específica de

A) 0,35%.

B) 0,50%.

C) 0,70%.

D) 0,80%.

E) 1,00%.

COMENTÁRIO

Como vimos, no Estádio III, as fibras mais comprimidas do concreto se plastificam e a deformação especifica aumenta de 0,2% até 0,35% sem que ocorra um aumento da tensão.

O gabarito, portanto, é a alternativa A.

GABARITO: A

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2294385

Os estádios de deformação estão relacionados aos estados-limites da seguinte forma:

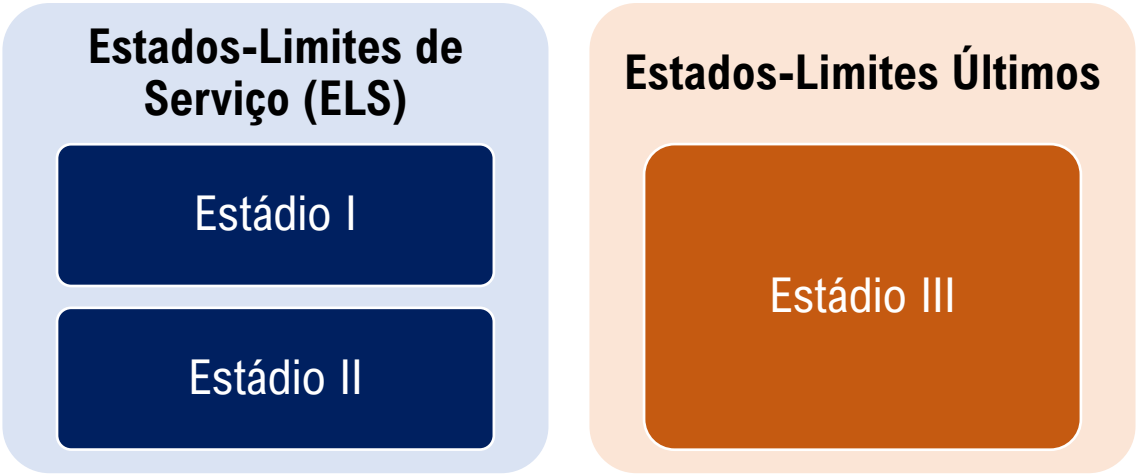


Figura 17 – Correspondência entre os estádios de deformação e os estados-limites previstos na ABNT NBR 6118:2023

Além disso, é importante não confundirmos os estádios de deformação com os domínios de deformação, que veremos a seguir!

6.5.2. Domínios de deformação

Os **domínios de deformação** se referem aos diferentes modos nos quais um elemento estrutural de concreto armado pode sofrer ruptura. Portanto, todos os domínios de deformação tratam de uma seção de concreto no Estádio III.

Para melhor explicar os domínios de deformação, precisamos explicar, inicialmente, o diagrama que normalmente é usado para ilustrá-los. Neste diagrama (Figura 18), é representada a seção de um elemento de concreto e a posição de sua armadura. Marca-se sobre esta base, a deformação específica de pontos em "profundidades" distintas da seção. Valores plotados à esquerda indicam um alongamento (tração) daquele ponto da seção. Valores plotados à direita, por outro lado, indicam encurtamento (compressão).

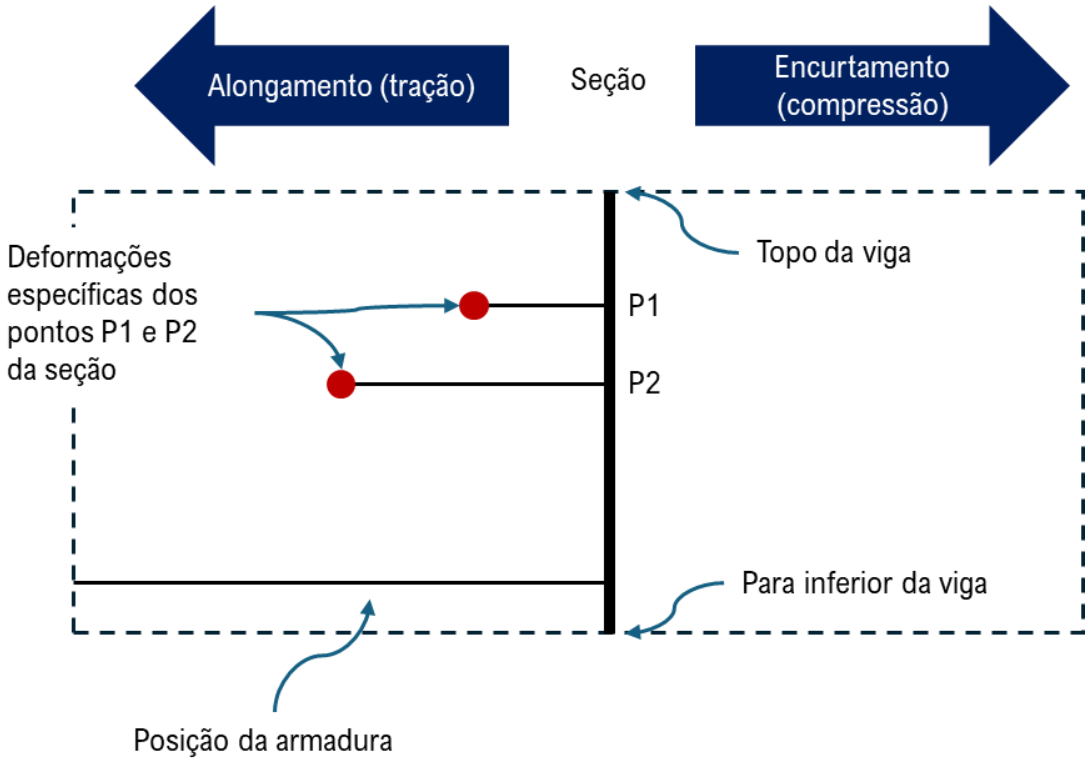


Figura 18 – Construção da representação gráfica dos domínios de deformação

Duas deformações são extremamente importantes para a descrição dos domínios: ε_c, que é a deformação do concreto no topo da viga; e ε_s, que é a deformação do aço da armadura. Considerando concreto até a classe C50, podemos definir mais algumas variáveis importantes para o nosso estudo. Na Figura 19, temos que:

- h é a altura do elemento da viga de concreto armado;
- d é a profundidade do centro de gravidade das armaduras da viga;
- x é a posição da linha neutra (LN), isto é, do ponto da seção em que não há nem encurtamento nem alongamento.

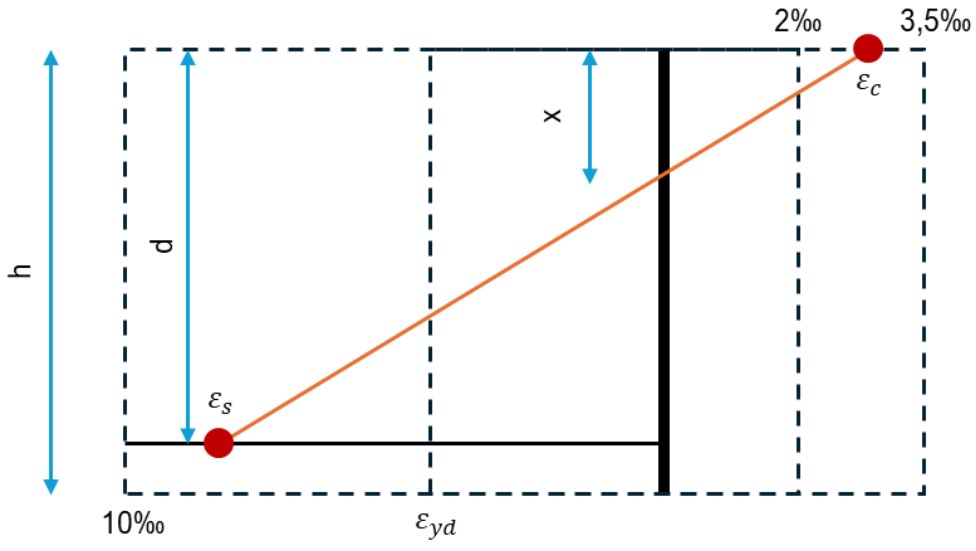


Figura 19 – Representa genérica de um conjunto de deformações observados numa seção de concreto armado

Dito isso, podemos analisar os domínios de deformação. Para isso, consideremos a Figura 20.

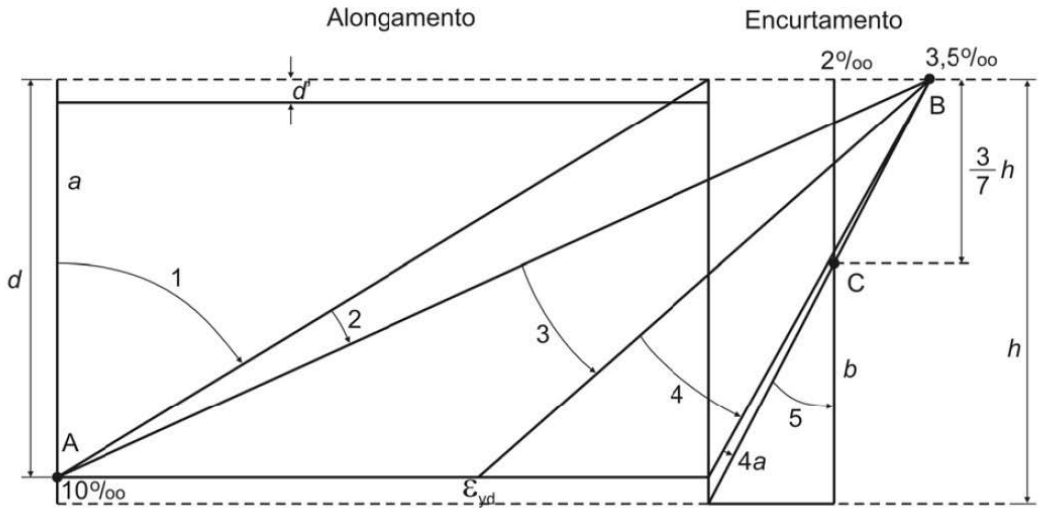


Figura 20 – Domínios de deformação

- **Domínio 1 - tração não uniforme, sem compressão**

No **domínio 1**, a seção está submetida, inteiramente, à **tração**. A linha neutra está fora da seção transversal e a seção resistente é composta de aço, pois o concreto, por estar tracionado, encontra-se fissurado.

- Início: $\varepsilon_c = 10‰, \varepsilon_s = 10‰, x = -\infty$;
- Fim: $\varepsilon_c = 0, \varepsilon_s = 10‰, x = 0$;

- **Domínio 2 – flexão simples ou composta**

No **domínio 2**, a seção está submetida **flexão simples ou composta**. É caracterizado por grandes deformações ($\varepsilon_s = 10‰$). A linha neutra corta a seção transversal. A capacidade resistente é oriunda do aço e do concreto.

- Início: $\varepsilon_c = 0, \varepsilon_s = 10‰, x = 0$;
- Fim: $\varepsilon_c = 3{,}5‰, \varepsilon_s = 10‰, x = 0{,}259\ d$;

- **Domínio 3 – flexão simples (seção subarmada) ou composta**

O **domínio 3** é caracterizado pela ruptura do concreto ($\varepsilon_c = 3{,}5‰$). A linha neutra corta a seção transversal, logo há tração e compressão na seção. A capacidade resistente advém do concreto comprimido e do aço tracionado.

A ruptura do concreto ocorre, simultaneamente, com o escoamento do aço. Assim, ambos materiais são aproveitados integralmente. A ruína é acompanhada de aviso (grandes deformações).

Parte do domínio 3 não pode ser usada pois a norma limita o valor de x/d para 0,45 no caso de concreto até a classe C50.

A posição da linha neutra no fim do domínio 3 depende do tipo de aço empregado (CA50 ou CA60).

- Início: $\varepsilon_c = 3{,}5‰$, $\varepsilon_s = 10‰$, $x = 0{,}259\ d$;
- Fim: $\varepsilon_c = 3{,}5‰$, $\varepsilon_s = \varepsilon_{yd}$, $x = 0{,}628\ d$ (CA-50) ou $x = 0{,}585\ d$ (CA-60).

- **Domínio 4 – flexão simples (seção superarmada) ou composta**

O **domínio 4** também é caracterizado pela ruptura do concreto ($\varepsilon_c = 3{,}5‰$), no entanto, a resistência do aço não é inteiramente mobilizada. A ruptura é frágil, sem aviso, não há fissuração ou deformação que sirva de advertência. A capacidade resistente advém do concreto comprimido e do aço tracionado.

- Início: $\varepsilon_c = 3{,}5‰$, $\varepsilon_s = \varepsilon_{yd}$, $x = 0{,}628\ d$ (CA-50) ou $x = 0{,}585\ d$ (CA-60);
- Fim: $\varepsilon_c = 3{,}5‰$, $\varepsilon_s = 0$, $x = d$.

- **Domínio 4a – flexão composta com armaduras comprimidas**

O **domínio 4a** também é caracterizado pela ruptura do concreto ($\varepsilon_c = 3{,}5‰$), no entanto, a armadura encontra-se comprimida. A ruptura é frágil, sem aviso, não há fissuração ou deformação que sirva de advertência.

A capacidade resistente advém do concreto e do aço **comprimidos**.

- Início: $\varepsilon_c = 3{,}5‰$, $\varepsilon_s = 0$, $x = d$;
- Fim: $\varepsilon_c = 3{,}5‰$, $\varepsilon_s < 0$ (compressão), $x = h$.

- **Domínio 5 – compressão não uniforme**

O domínio 5 é caracterizado pela ruptura do concreto na flexocompressão ($\varepsilon_c = 3{,}5‰$) ou na compressão uniforme ($\varepsilon_c = 3{,}5‰$). A ruptura é frágil, sem aviso, não há fissuração ou deformação que sirva de advertência. A capacidade resistente advém do concreto e do aço **comprimidos**.

- Início: $\varepsilon_c = 3{,}5‰$, $\varepsilon_s < 0$, $x = h$;
- Fim: $\varepsilon_c = 2{,}0‰$, $\varepsilon_s < 0$, $x = +\infty$.

	O vídeo a seguir detalha tanto os estádios de deformação quanto os domínios de deformação: https://youtu.be/yN2S-Wt0sH8?si=Ci8nRcUuRRt6qGtR

FGV - 2022 - Perito Criminal (PC AM)/4ª Classe/Engenharia Civil

Em uma peça de concreto armado com seção transversal retangular submetida a ações normais, o conjunto de deformações específicas do concreto e do aço definem seis domínios de deformação.

O domínio em que a ruptura do concreto ocorre simultaneamente com a ruptura da armadura, provocando grandes deformações na estrutura, é o domínio

A) 1.

B) 2.

C) 3.

D) 4.

E) 5.

COMENTÁRIO

O domínio de deformação em que ocorre a ruptura simultânea do concreto e da armadura é o **domínio 3**. Nele, a ruína é acompanhada de aviso (grandes deformações). O gabarito é a alternativa C.

GABARITO: C

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1976732

6.5.3. Equacionamento

Uma viga submetida a um momento de cálculo ($M_d = M$) desenvolve forças internas de compressão e de tração, como indicado na Figura 21. Como não há forças externas, as força atuante no concreto (F_c) é igual à força atuante na armadura (F_s):

$$F_c = F_s$$

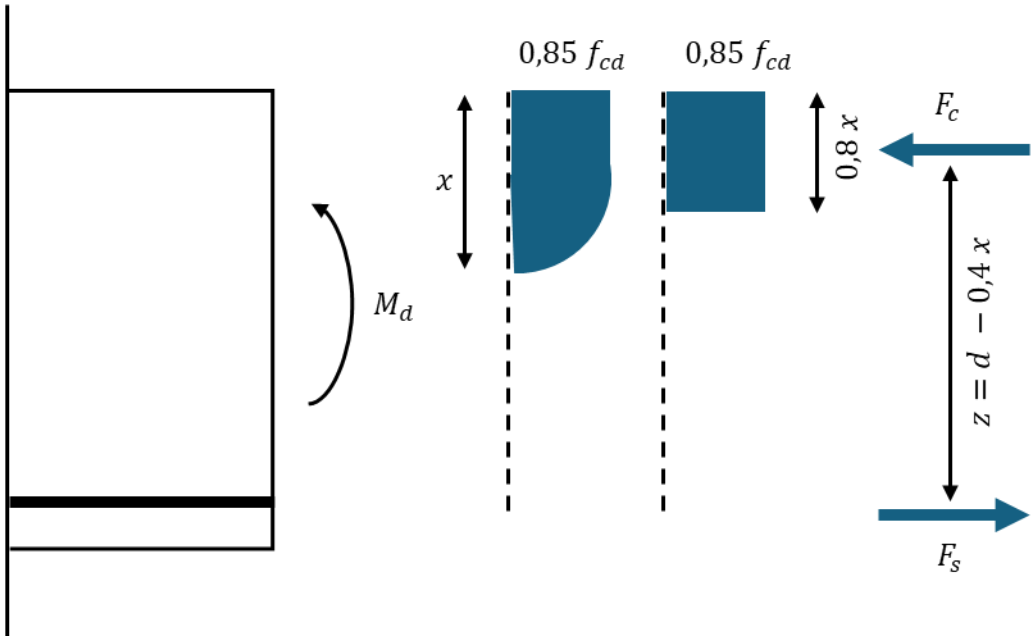


Figura 21 – Viga submetida a um momento de cálculo (M_d)

Além disso, o momento externo de cálculo deve ser igual ao momento provocado pelas forças internas:

$$M_d = F_c \times z \; ou \; F_s \times z$$

A força de compressão atuante no concreto pode ser obtida pela aproximação demonstrada na Figura 21. Isto é, considera-se que as tensões que se desenvolvem no concreto sejam uniformes, com valor de $0{,}85\,f_{cd}$ ao longo de um trecho da seção de profundidade igual a $0{,}8\,x$. Logo:

$$F_c = (0{,}85\,f_{cd}) \times (0{,}80\,x) \times b_w = \left(0{,}85\frac{f_{ck}}{\gamma_c}\right) \times (0{,}80\,x) \times b_w$$

Em que:

- f_{cd} é a resistência à compressão de projeto/cálculo do concreto;
- x é a profundidade da linha neutra;
- b_w é a largura da viga;
- f_{ck} é a resistência característica à compressão do concreto;
- γ_c é o coeficiente de minoração da resistência do concreto que, para combinações normais, é igual a 1,4;

No domínio 3 de deformação, a tensão no aço é igual a sua tensão de escoamento, logo, a força que atua sobre o aço, neste caso, é igual a:

$$F_s = A_s \times f_{yd} = A_s \times \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

Em que:

- A_s é a área de aço tracionada da seção;

- f_{yd} é a tensão de escoamento de projeto/cálculo do aço;
- f_{yk} é a tensão de escoamento característica do aço;
- γ_s é o coeficiente de minoração da resistência do aço que, para combinações normais, é igual a 1,15.

O cálculo da área de aço necessária, portanto, é:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \times z} = \frac{M_d}{f_{yd} \times (d - 0{,}4x)}$$

Com essas fórmulas, em geral, já conseguimos resolver uma grande quantidade de questões:

VUNESP - 2021 - Engenheiro (Pref V Paulista)/Civil

A armadura de tração de uma viga de concreto armado de seção retangular foi dimensionada com área de 5,0 cm² de aço CA50. Se o braço de alavanca entre as forças de tração e de compressão resultantes do cálculo da flexão simples, for de 0,69 m, o momento fletor de cálculo é

A) 50 kNm.

B) 75 kNm.

C) 100 kNm.

D) 125 kNm.

E) 150 kNm.

COMENTÁRIO

Para resolver a questão, precisaremos aplicar duas das equações anteriores:

$$F_s = A_s \times \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \qquad\qquad M_d = F_s \times z$$

Combinando-as, temos:

$$M_d = A_s \times \frac{f_{yk}}{1{,}15} \times z$$

O aço CA-50 possui um f_{yk} de 50 kN/m². Considerando uma combinação normal de ações, temos que $\gamma_s = 1{,}15$. O braço de alavanca (z) já nos foi informado, 0,69 m. Portanto, aplicarmos a equação:

$$M_d = A_s \times \frac{f_{yk}}{1{,}15} \times z = 5{,}0 \cancel{cm^2} \times \frac{50\ kN/\cancel{cm^2}}{1{,}15} \times 0{,}69\ m$$

$$M_d = 250 \times \frac{0{,}69}{1{,}15} = 250 \times 0{,}6$$

$$\boldsymbol{M_d = 150\ kNm}$$

O gabarito é a alternativa E!

GABARITO: E

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1729695

FCC - 2022 - Analista Judiciário (TRT 4ª Região)/Apoio Especializado/Engenharia Civil

Uma viga de concreto armado de seção transversal retangular com base de 15 cm e altura de 40 cm foi dimensionada à flexão simples para o concreto de fck igual a 28 MPa. Considerando que a distribuição das tensões no concreto se faz de acordo com o diagrama parábola-retângulo e, se a altura da linha neutra for 25 cm, então a força de compressão de cálculo no concreto, em kN, é de

A) 4600

B) 7140

C) 6375

D) 6000

E) 5100

COMENTÁRIO

Questão bastante direta! Requer que você determine qual a força de compressão de cálculo para uma determinada seção de concreto. Nos dá as seguintes variáveis:

$$b_w = 15\ cm$$

$$h = 40\ cm$$

$$f_{ck} = 28\ MPa = 2{,}8\ kN/cm^2$$

$$x = 25\ cm$$

Considerando, novamente, uma combinação normal de ações, temos que $\gamma_c = 1{,}4$.

Para resolvê-la, basta aplicarmos a seguinte equação:

$$F_c = \left(0{,}85\frac{f_{ck}}{\gamma_c}\right) \times (0{,}80\ x) \times b_w = \left(0{,}85 \times \frac{2{,}8\ kN/\cancel{cm^2}}{1{,}4}\right) \times (0{,}80 \times 25\ \cancel{cm}) \times 15\ \cancel{cm}$$

$$F_c = 0{,}85 \times 2 \times 0{,}8 \times 25 \times 15$$

$$\boldsymbol{F_c = 510\ kN}$$

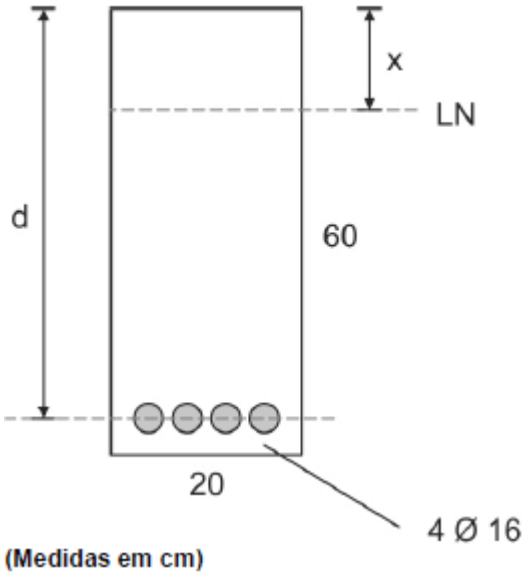
A banca errou a conversão de unidades e deu, como gabarito, a alternativa E) 5100. Aqui vale a máxima: na hora da prova, marca o mais correto!

GABARITO: E
GABARITO DO PROFESSOR: ANULADA
Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2112152

FCC - 2022 - Técnico em Gestão Procuratorial (PGE AM)/Perícias e Avaliações Imobiliárias

Uma viga biapoiada na seção 20 × 60 cm está sujeita a um momento característico de 120 kNm e possui a armadura dada na figura a seguir:

Seção transversal da viga de concreto:



(Medidas em cm)

Dados:
Adotar d = h – 5,0 cm
$A_s = M_d/d \cdot 1/[\sigma_{sd} \cdot (1 - 0,4 \cdot x/d)]$
$fyd = 43,5\ kN/cm^2$

Considerando que o coeficiente de majoração das ações seja igual a 1,4, o concreto C20 e a armadura simples de flexão de aço CA50 com 8,0 cm^2, a posição da linha neutra dessa viga de concreto é, em cm,

A) 55.

B) 62.

C) 137.

D) 17.

E) 8.

COMENTÁRIO

O examinador nos forneceu a equação para resolvermos o problema e as variáveis necessárias para calcular a altura da linha neutra:

$$A_s = \frac{M_d}{d} \times \frac{1}{\sigma_{sd} \times \left(1 - 0{,}4\frac{x}{d}\right)}$$

$$A_s = 8{,}0\ cm^2$$
$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 43{,}5\ kN/cm^2$$
$$M = 120\ kNm = 12.000\ kNcm$$
$$\gamma_f = 1{,}4$$
$$f_{ck} = 20\ MPa = 2\ kN/cm^2$$
$$d = 60 - 5 = 55\ cm$$
$$b_w = 20\ cm$$

No entanto, a equação fornecida é uma versão da equação da área de aço que apresentamos antes – só que mais complicada:

$$A_s = \frac{M_d}{d} \times \frac{1}{\sigma_{sd} \times \left(1 - 0{,}4\frac{x}{d}\right)} = \frac{M_d}{\sigma_{sd} \times d \times \left(1 - 0{,}4\frac{x}{d}\right)} = \frac{M_d}{\sigma_{sd} \times (d - 0{,}4x)}$$

Como $\sigma_{sd} = f_{yd}$:

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \times (d - 0{,}4\ x)}$$

Essa é, exatamente, a equação que vimos antes!

Invertendo ambos os lados da equação, temos:

$$\frac{f_{yd} \times (d - 0{,}4x)}{M_d} = \frac{1}{A_s} \rightarrow f_{yd} \times (d - 0{,}4x) = \frac{M_d}{A_s} \rightarrow d - 0{,}4x = \frac{M_d}{A_s \times f_{yd}}$$

$$0{,}4\ x = d - \frac{M_d}{A_s \times f_{yd}}$$

$$x = \frac{1}{0{,}4}\left(d - \frac{M_d}{A_s \times f_{yd}}\right) = 2{,}5\left(d - \frac{M_d}{A_s \times f_{yd}}\right)$$

Como $M_d = \gamma_f \times M$:

$$x = 2{,}5 \times \left(d - \frac{\gamma_f \times M}{A_s \times f_{yd}}\right) = 2{,}5\left(55\ cm - \frac{1{,}4 \times 12000\ \cancel{kN}cm}{8\ \cancel{cm^2} \times 43{,}5\ \cancel{kN/cm^2}}\right)$$

$$x = 2{,}5 \times \left(55\ - \frac{16800}{348}\right) = 2{,}5 \times (55 - 48{,}28) = 2{,}5 \times 6{,}72$$

$$\boldsymbol{x = 16{,}8\ cm \cong 17\ cm\ (Alternativa\ D)}$$

Longo né? E se ele não tivesse dado a fórmula? E se eu não lembrasse a fórmula da área de aço?

Bem, é um problema que daria para resolver de outro modo, usando apenas as seguintes equações:

$$F_c = \left(0{,}85\frac{f_{ck}}{\gamma_c}\right) \times (0{,}80\ x) \times b_w \qquad F_s = A_s \times f_{yd}$$

Numa seção em equilíbrio, o valor dessas duas forças devem ser iguais, logo:

$$\left(0{,}85\frac{f_{ck}}{\gamma_c}\right) \times (0{,}80\ x) \times b_w = A_s \times f_{yd}$$

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0{,}8 \times \left(0{,}85\frac{f_{ck}}{\gamma_c}\right) \times b_w}$$

Resolvendo:

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0{,}8 \times \left(0{,}85\frac{f_{ck}}{\gamma_c}\right) \times b_w} = \frac{8\ cm^2 \times 43{,}5\ \cancel{kN/cm^2}}{0{,}8 \times (0{,}85 \times \frac{2\ \cancel{kN/cm^2}}{1{,}4}) \times 20\ \cancel{cm}}$$

$$x = \frac{348}{\frac{27{,}2}{1{,}4}} = \frac{1{,}4 \times 348}{27{,}2} = \frac{487{,}2}{27{,}2} = \mathbf{17{,}9\ cm}$$

A alternativa mais próxima ainda seria a D!

GABARITO: D

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2023452

6.6. DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO CORTANTE

A verificação da resistência aos esforços cortantes em elementos lineares, em geral, não é um assunto muito cobrado, à exceção da **VUNESP**. Segundo a ABNT NBR 6118:2023, item 17.4.2.1, considera-se satisfatória a resistência aos esforços cortantes de um elemento linear, se atendidas as seguintes condições:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd2}$$

$$V_{Sd} \leq V_{Rd3} = V_c + V_{sw}$$

Em que:

- V_{Sd} é a força cortante solicitante de cálculo, na seção;
- V_{Rd2} é a força cortante resistente de cálculo, referente à **ruína das diagonais comprimidas de concreto**;
- $V_{Rd3} = V_c + V_{sw}$ é a força cortante resistente de cálculo, referente à **ruína por tração diagonal**, na qual V_c é a parcela resistida pelos mecanismos

complementares ao da treliça e V_{sw} é a parcela resistida pela armadura transversal.

A ABNT NBR 6118:2023 prevê dois modelos de cálculo para determinar V_{Rd2} e V_{Rd3}:

Modelo de cálculo I	Modelo de cálculo II
Considera: • Diagonais comprimidas com inclinação de 45°; • Que a parcela V_c é constante e independente de V_{Sd}.	Considera: • Diagonais comprimidas com inclinação que varia, livremente, entre 30° a 45°; • Que a parcela V_c é sofre redução com o aumento de V_{Sd}.

Tabela 8 – Modelos de cálculo previstos pela ABNT NBR 6118:2023 para a determinação dos esforços cortantes resistentes de cálculo

Até o momento, a VUNESP cobrou, apenas, o modelo de cálculo I e, por isso, o traremos aqui.

6.6.1. Modelo de cálculo I

No modelo de cálculo I, a força cortante resistente de cálculo, referente à **ruína das diagonais comprimidas de concreto**, é:

$$V_{rd2} = 0{,}27\ \alpha_{v2}\ f_{cd}\ b_w\ d$$

Em que:

- $\alpha_{v2} = 1 - \frac{f_{ck}}{250}$.

VUNESP - 2020 - Engenheiro Civil (Pref Cananéia)

Uma viga de concreto armado de seção transversal retangular, com largura de 20 cm e altura útil de 50 cm, deve ser dimensionada no estado limite último para combinações normais, concreto com fck igual a 35 MPa e diagonais de compressão do concreto inclinadas de θ =45°. Ao se verificar a compressão diagonal do concreto, o valor da força cortante resistente de cálculo, relativa à ruína das diagonais comprimidas de concreto, VRd2, é

A) 580,50 kN.

B) 638,60 kN.

C) 682,30 kN.

D) 742,20 kN.

E) 867,80 kN.

COMENTÁRIO

O enunciado não menciona, diretamente, o modelo de cálculo I, mas pede para que consideremos que as diagonais de compressão do concreto são inclinada de 45°. Essa é uma característica do modelo de cálculo I e, portanto, para resolvermos, basta aplicarmos o seguinte:

$$V_{rd2} = 0{,}27\ \alpha_{v2}\ f_{cd}\ b_w\ d$$

$$\alpha_{v2} = 1 - \frac{f_{ck}}{250}, com\ f_{ck} em\ MPa$$

$$b_w = 20\ cm$$

$$d = 50\ cm$$

$$f_{ck} = 35\ MPa = 3{,}5\ kN/cm^2$$

$$\gamma_c = 1{,}4$$

Logo:

$$\alpha_{v2} = 1 - \frac{f_{ck}}{250} = 1 - \frac{35}{250} = 1 - 0{,}14 = 0{,}86$$

$$V_{rd2} = 0{,}27\ \alpha_{v2}\ f_{cd}\ b_w\ d = 0{,}27 \times 0{,}86 \times \frac{3{,}5\ kN/\cancel{cm^2}}{1{,}4} \times 20\ \cancel{cm} \times 50\ \cancel{cm}$$

$$\boldsymbol{V_{Rd2} = 580{,}5\ kN\ (Alternativa\ A)}$$

GABARITO: A

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1256138

O cálculo da armadura transversal é feito pelo seguinte conjunto de equações:

$$V_{Rd3} = V_c + V_{sw}$$

Em que:

$$V_{sw} = \left(\frac{A_{sw}}{s}\right) \times 0{,}9\ d\ f_{ywd}(sen\ \alpha + \cos\alpha)$$

Para flexão simples ou flexo-tração com a linha neutra cortando a seção:

$$V_c = V_{c0} = 0{,}6\ f_{ctd}\ b_w\ d$$

$$f_{ctd} = \frac{0{,}21 \times f_{ck}^{2/3}}{\gamma_c}$$

Para estribos, verticais, a equação é simplificada para:

$$V_{sw} = \left(\frac{A_{sw}}{s}\right) \times 0{,}9\ d\ f_{ywd}$$

Combinando as equações, temos:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Sd} - V_c}{0{,}9 \times d \times f_{ywd}}$$

Em que:

- A_{sw} é a área de aço total por estribo;
- s é o espaçamento entre estribos;
- V_{sd} é o esforço cortante solicitante de cálculo;
- V_c é a parcela do esforço cortante resistida por mecanismos complementares;
- f_{ywd} é a tensão de escoamento do aço dos estribos.

VUNESP - 2023 - Auditor de Controle Externo (TCM SP)/Engenharia Civil

Uma viga de concreto armado de seção transversal retangular foi dimensionada para ser executada com concreto de fck igual a 25 MPa. Os estribos são de aço CA50, com área da seção transversal de 0,5 cm², perpendiculares à armadura longitudinal de flexão, para resistir à força cortante solicitante de cálculo de 268 kN. A altura útil da seção transversal é igual a 57,5 cm e a parcela da força cortante resistida pelos mecanismos complementares ao modelo de treliça é igual a 88 kN. Se a inclinação das bielas de compressão do concreto é de 45° em relação ao eixo longitudinal da barra, o espaçamento entre os estribos com dois ramos é igual a

A) 10,0 cm.

B) 12,5 cm.

C) 15,0 cm.

D) 17,5 cm.

E) 20,0 cm.

COMENTÁRIO

Não há menção, novamente, ao modelo de cálculo I, mas à inclinação das diagonais comprimidas de 45°. Diz-se, ainda, que os estribos são verticais ($\alpha = 90°$, perpendiculares à armadura longitudinal). Logo, para resolver, temos de aplicar:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Sd} - V_c}{0{,}9 \times d \times f_{ywd}}$$

$$f_{ywk} = 50\ kN/cm^2$$
$$A_{\phi w} = 0{,}5\ cm^2$$
$$V_{Sd} = 268kN$$
$$d = 57{,}5\ cm$$
$$V_c = 88\ kN$$
$$\gamma_s = 1{,}15$$

Antes de aplicar a equação, no entanto, precisamos calcular A_{sw}. A área de aço dada for da seção transversal da barra do estribo. No entanto, a questão nos informa que o estribo é de dois ramos. Portanto:

$$A_{sw} = 2 \times A_{\phi w} = 2 \times 0{,}5 = 1{,}0\ cm^2$$

Reorganizando a equação para isolarmos s, temos:

$$s = \frac{A_{sw} \times 0{,}9 \times d \times f_{ywd}}{V_{Sd} - V_c} = \frac{1\ \cancel{cm^2} \times 0{,}9 \times 57{,}5\ cm \times \frac{50\ \cancel{kN}/\cancel{cm^2}}{1{,}15}}{268\ \cancel{kN} - 88\ \cancel{kN}}$$

$$s = \frac{2250}{180} = \mathbf{12{,}5\ cm\ (Alternativa\ B)}$$

GABARITO: B

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2336313

6.7. VIGAS - ARMADURAS LONGITUDINAIS MÁXIMAS E MÍNIMAS

6.7.1. Armadura de tração

A taxa mínima absoluta para a armadura de tração é de 0,15 %. Ou seja:

$$A_{s,min} = 0{,}15\% \times A_c$$

Em que:

- A_c é a área da seção transversal de concreto do elemento.

Além disso, deve ser considerando um momento fletor mínimo de cálculo igual a:

$$M_{d,mín} = 0{,}8 \times W_0 \times f_{ctk,sup}$$

Em que:

- $W_0 = \frac{I}{y}$ é o módulo de resistência da seção transversal bruta de concreto, na fibra mais tracionada;
- $f_{ctk,sup}$ é a resistência característica superior do concreto à tração.

FGV - 2022 - Especialista em Saúde (SEMSA Manaus)/Engenheiro/Civil

Deseja-se calcular a armadura mínima de tração em uma viga de concreto armado com seção retangular de largura 12cm e altura 30cm.

Sabendo que a resistência característica superior do concreto à tração é de aproximadamente 4,0MPa, o momento fletor mínimo a ser considerado para o cálculo dessa armadura vale

A) 5,76kNm.

B) 7,20kNm.

C) 8,96kNm.

D) 10,20kNm.

E) 11,52kNm.

COMENTÁRIO

Para resolvermos a questão, basta aplicarmos a equação $M_{d,mín} = 0{,}8 \times W_0 \times f_{ctk,sup}$. No entanto, antes de fazermos isto, precisamos calcular W_o.

$$W_0 = \frac{I}{y} = \frac{b_w \times h^3}{12 \times h/2} = \frac{b_w \times h^2}{6} = \frac{12\ cm \times (30\ cm)^2}{6} = 1800\ cm^3$$

O momento fletor mínimo, portanto, é:

$$M_{d,mín} = 0{,}8 \times 1800\ cm^{\cancel{3}} \times 0{,}4\ kN/\cancel{cm^2} = 576\ kNcm$$

$$\boldsymbol{M_{d,mín} = 5{,}76\ kNm\ (Alternativa\ A)}$$

GABARITO: A

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2071058

6.7.2. Armadura de pele

Vigas com **altura superior a 60 cm** requerem o uso de uma armadura lateral mínima, também conhecida como **armadura de pele**. O seu cálculo é feito da seguinte forma:

$$A_{s,pele} = 0{,}1\% \times A_c\ por\ face$$

Alguns detalhes importantes sobre esta armadura:

- Não é necessária armadura superior a 5 cm²/m de face da viga;

- O espaçamento entre as barras não pode ser maior que $d/3$ e 20 cm;
- As armaduras principais de tração e compressão não podem ser consideradas no cálculo.

VUNESP - 2023 - Engenheiro (Pref Itapevi)/Civil

No projeto de uma viga de concreto armado de seção retangular com 30 cm de base e 100 cm de altura, a área de armadura de pele de aço CA50 que deve ser prevista por face da viga, em cm2/m, é

A) 2,5.

B) 3,0.

C) 4,0.

D) 4,5.

E) 5,0.

COMENTÁRIO

Questão bastante rápida:

$$A_{s,pele} = 0{,}1\% \times A_c = \frac{1}{1000} \times 30\ cm \times 100\ cm = \mathbf{3\ cm^2/m\ (Alternativa\ B)}$$

GABARITO: B

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2555599

6.7.3. Armaduras de tração e compressão

A soma das armaduras de tração e compressão em vigas ($A_s + A_{s'}$) não pode superar 4% da A_c, calculada na região fora da zona de emendas.

6.8. PILARES – ARMADURAS LONGITUDINAIS MÁXIMAS E MÍNIMAS

6.8.1. Armadura longitudinal mínima

A armadura longitudinal mínima de pilares é dada por:

$$A_{s,mín} = 0{,}15\ \frac{N_d}{f_{yd}} \geq 0{,}004\ A_c$$

Em que:

- N_d é o esforço normal solicitante de cálculo.

VUNESP - 2021 - Engenheiro (Pref Jaguariúna)/Civil

Um pilar de concreto armado com seção retangular de 30 cm por 50 cm deve suportar uma carga vertical de cálculo de 2 000 kN. A armadura mínima para esse pilar em aço CA50 é de

A) 2,30 cm².

B) 4,50 cm².

C) 6,00 cm².

D) 6,90 cm².

E) 8,00 cm².

COMENTÁRIO

Novamente, para resolvermos a questão, basta aplicar a fórmula dada pela ABNT NBR 6118:2023:

$$A_{s,mín} \geq \begin{cases} 0{,}15 \times \dfrac{N_d}{f_{yd}} = 0{,}15 \times \dfrac{2000 \cancel{kN}}{\dfrac{50 \dfrac{\cancel{kN}}{cm^2}}{1{,}15}} = 6{,}9\ cm^2 \\ 0{,}004 \times A_c = 0{,}004 \times 30\ cm \times 50\ cm = 6\ cm^2 \end{cases}$$

$$\boldsymbol{A_{s,mín} = 6{,}90\ cm^2\ (Alternativa\ D)}$$

GABARITO: D

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1922252

6.8.2. Armadura longitudinal máxima

O valor máximo de armadura longitudinal em pilares, considerando, inclusive, a sobreposição das armaduras nas regiões de emenda, é:

$$A_{s,máx} = 0{,}08\ A_c$$

6.8.3. Diâmetros mínimos e máximos da armadura

Em pilares, o diâmetro das barras longitudinais não pode ser inferior a 10 mm nem superior a 1/8 da menor dimensão transversal. Isto é:

$$\phi_{pilar,mín} = 10\ mm \qquad \phi_{pilar,máx} = \frac{1}{8} \times b$$

Em que:

- b é a menor dimensão da seção transversal do pilar.

FGV - 2022 - Especialista em Saúde (SEMSA Manaus)/Fiscal de Saúde/Engenheiro Civil

Um pilar de concreto armado possui seção transversal quadrada de lado 20cm. Desse modo, os diâmetros mínimo e máximo admissíveis para as barras de sua armadura longitudinal valem, respectivamente,

A) 8mm e 20mm.

B) 8mm e 25mm.

C) 10mm e 16mm.

D) 10mm e 20mm.

E) 10mm e 25mm.

COMENTÁRIO

O menor diâmetro de barra passível de uso como armadura longitudinal de pilares é 10 mm. As alternativas A e B podem ser eliminada a partir disso.

Agora, basta determinar o diâmetro máximos, da seguinte forma:

$$\phi_{pilar,máx} = \frac{1}{8} \times b = \frac{200}{8} = 25\ mm$$

Logo, o gabarito é a alternativa E) 10 mm e 25 mm.

GABARITO: E

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2072947

6.8.4. Número mínimo de barras

Existem dois critérios principais para a determinação do número de barras de uma seção. O primeiro deles, em geral, é o mais cobrado em concursos e diz respeito ao formato da seção transversal, da seguinte forma:

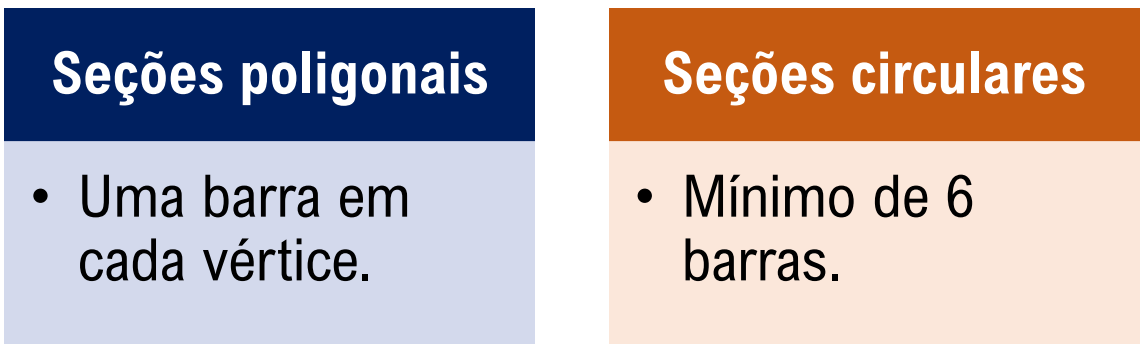


Figura 22 – Número mínimo de barras em pilares

No entanto, o espaçamento máximo entre as barras de um pilar também pode condicionar o número mínimo de barras a ser adotado. O espaçamento máximo deve ser menor ou igual a duas vezes a menor dimensão transversal do pilar, sem exceder 400 mm:

$$s_{máx,pilar} \leq \begin{cases} 2b \\ 400\ mm \end{cases}$$

6.9. DIMENSÕES-LIMITES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

6.9.1. Vigas e vigas-parede

Geralmente, as dimensões mínimas de vigas e vigas-parede são:

Figura 23 – Largura mínima de vigas e vigas-parede

No entanto, pode-se reduzir tais dimensões a um mínimo absoluto de 10 cm, desde que observado, obrigatoriamente:

- alojamento das armaduras e suas interferências com as armaduras de outros elementos estruturais, respeitando os espaçamentos e cobrimentos estabelecidos na ABNT NBR 6118:2023;
- Lançamento e vibração do concreto de acordo com a ABNT NBR 14931.

FCC - 2023 - Engenheiro (COPERGÁS)/Civil

Segundo o pressuposto nas normas técnicas brasileiras, nos projetos de estruturas de concreto, a seção transversal das vigas não pode apresentar largura menor que ... I ... cm e a das vigas-parede menor que ... II ... cm. Esses limites podem ser reduzidos, respeitando-se um mínimo absoluto de ... III ... cm em casos excepcionais sendo, obrigatoriamente, respeitadas as seguintes condições:

I. Alojamento das armaduras e suas interferências com as armaduras de outros elementos estruturais, respeitando os espaçamentos e cobrimentos estabelecidos em norma.

II. Lançamento e vibração do concreto de acordo com o estabelecido em norma.

As lacunas I, II e III são preenchidas, correta e respectivamente, por:

A) 12 – 10 – 7,5

B) 12 – 15 – 10

C) 11 – 10 – 6,5

D) 11 – 8 – 6

E) 10 – 8,5 – 6

COMENTÁRIO

A lacuna I diz respeito à largura mínima, padrão, para vigas, que é de 12 cm. Só com isso já restringiríamos nossas alternativas para A e B.

A lacuna II trata da largura mínima das vigas paredes que é de 15 cm. Com isso, já conseguiríamos resolver a questão.

A lacuna III, no entanto, trata de uma largura mínima excepcional, de 10 cm.

O gabarito é a alternativa B).

GABARITO: B

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2395945

6.9.2. Pilares e pilares-parede

A ABNT NBR 6118:2023 estabelece dois critérios de dimensões mínimas para pilares e pilares-parede:

Menor dimensão transversal	Área mínima da seção
• 19 cm	• 360 cm²

Figura 24 – Dimensões transversais mínimas de pilares e pilares-parede

Em casos excepcionais, admite-se que um lado possua dimensões de 14 e 19 cm. Nesse caso, a área mínima ainda deve ser respeitada e os esforços solicitantes de cálculo devem ser majorados por um coeficiente adicional, da seguinte forma:

b (cm)	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

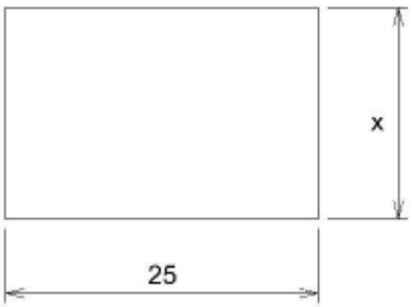
Na qual:

- $\gamma_n = 1{,}95 - 0{,}05\ b$;
- b é a menor dimensão transversal do pilar, em cm.

Tabela 9 – Coeficiente de ponderação adicional para pilares com a menor dimensão entre 14 e 19 cm

FGV - 2022 - Especialista em Saúde (SEMSA Manaus)/Engenheiro/Civil

A figura a seguir apresenta a seção transversal retangular de um pilar de concreto armado.



Sabendo que, no seu projeto, adota-se coeficiente adicional para majoração dos esforços solicitantes de cálculo igual a 1,0, a menor dimensão x admissível para esse pilar vale

A) 12cm.

B) 14cm.

C) 16cm.

D) 19cm.

E) 20cm.

COMENTÁRIO

A dimensão mínima dos pilares, em regra, é de 19 cm. No entanto, são admitido valores entre 14 e 19 cm, desde que respeitadas a área mínima de 360 cm² e um coeficiente de majoração dos esforços solicitantes de cálculo.

A questão pede a dimensão mínima para a seção apresentada, que garanta que esse coeficiente adicional seja igual a 1. Tal situação ocorre quando a menor dimensão do pilar é igual a 19 cm.

O gabarito é a alternativa D!

GABARITO: D

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2071057

6.9.3. Lajes maciças

Em lajes maciças, devem ser respeitas as seguintes espessuras mínimas:

a) 7 cm para cobertura não em balanço:
b) 8 cm para lajes de piso não em balanço
c) 10 cm para lajes em balanço;
d) 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 kN;
e) 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 KN;
f) 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, com o mínimo de $\frac{l}{42}$ para as lajes de piso biapoiadas e $\frac{l}{50}$ para lajes de piso contínuas;
g) 16 cm para lajes lisas; e
h) 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel.

FGV - 2022 - Especialista em Saúde (SEMSA Manaus)/Fiscal de Saúde/Engenheiro Civil

No projeto de uma laje maciça em balanço para o pavimento tipo de uma edificação, construída em concreto armado, a menor espessura admissível, de acordo com a NBR 6118, vale

A) 7cm.

B) 8cm.

C) 9cm.

D) 10cm.

E) 12cm.

COMENTÁRIO

A situação descrita trata de uma laje em balanço, cuja espessura mínima, como vimos é de 10 cm.

O gabarito é a alternativa D.

GABARITO: D

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2072946

7. QUESTÕES COMPLEMENTARES

1) FGV - 2022 - Perito Criminal (PC AM)/4ª Classe/Engenharia Civil

O concreto armado é um material bastante utilizado em construção civil. Apesar de suas inúmeras vantagens, pode-se apontar como uma desvantagem do concreto

A) a redução de sua resistência à ruptura com o tempo.

B) o elevado peso próprio.

C) a baixa resistência ao fogo.

D) a baixa estabilidade sob ação de intempéries.

E) a elevada vulnerabilidade ao desgaste mecânico.

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1976804

2) CEBRASPE (CESPE) - 2022 - Analista de Apoio à Assistência Judiciária (DP DF)/Engenharia Civil

Julgue o próximo item, relativo à construção de edificações.

Fatores como tipo de lançamento e adensamento influenciam na fixação da trabalhabilidade desejada para o concreto fresco.

C) Certo

E) Errado

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1970510

3) FGV - 2023 - Técnico de Gestão Administrativa (ALEMA)/Engenheiro Civil

A figura a seguir mostra como varia a resistência de um concreto com potência máxima de 32MPa, em função do fator água cimento empregado.

Sabe-se que o fator água cimento ótimo desse concreto é de 0,40. Entretanto devido a falhas no controle tecnológico durante a preparação da mistura, utilizou-se um fator água-cimento de 0,45.

Como consequência, a resistência final a ser atingida pelo concreto será de aproximadamente

A) 27,2 MPa.

B) 28,1 MPa.

C) 28,8 MPa.

D) 29,4 MPa.

E) 30,2MPa.

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2621784

4) CEBRASPE (CESPE) - 2019 - Analista Judiciário (TJ AM)/Engenharia Civil

Com relação ao concreto fresco, julgue o item a seguir.

Para o concreto, a resistência à tração é determinada por métodos indiretos, como o ensaio de resistência de tração na flexão.

C) Certo

E) Errado

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1041220

5) FGV - 2022 - Auditor de Controle Externo (TCE TO)/Engenharia Civil

De acordo com a ABNT NBR 6118, a classe do concreto e o cobrimento das lajes, vigas e pilares de estruturas de concreto armado construídas em um ambiente industrial de agressividade forte deverão ser, respectivamente, de pelo menos:

A) C20, 20 mm, 25 mm e 25 mm;

B) C25, 25 mm, 30 mm e 30 mm;

C) C30, 35 mm, 40 mm e 40 mm;

D) C35, 40 mm, 45 mm e 45 mm;

E) C40, 45 mm, 50 mm e 50 mm.

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2219223

6) FGV - 2022 - Especialista em Saúde (SEMSA Manaus)/Engenheiro/Civil

Relacione os domínios de dimensionamento de uma peça de concreto armado com suas características.

1. Domínio 1

2. Domínio 2

3. Domínio 3

4. Domínio 4

5. Domínio 5

( ) Ruptura convencional por deformação plástica excessiva por tração não uniforme (sem compressão.

( ) Compressão uniforme, sem tração.

( ) Flexão simples (seção subarmada) ou composta com ruptura à compressão do concreto e com escoamento do aço.

( ) Flexão simples (seção superarmada) ou composta com ruptura à compressão do concreto e aço tracionado sem escoamento.

( ) Flexão simples ou composta sem ruptura à compressão do concreto.

Assinale a opção que indica a relação correta na ordem apresentada.

A) 1 – 2 – 3 – 4 – 5.

B) 1 – 5 – 4 – 3 – 2.

C) 1 – 5 – 3 – 4 – 2.

D) 5 – 2 – 1 – 4 – 3.

E) 5 – 1 – 3 – 4 – 2.

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2071055

7) VUNESP - 2023 - Engenheiro (Pref GRU)/Civil

Uma laje retangular maciça de concreto armado de 5 m por 3 m, apoiada em vigas em seus quatro lados, deve ser construída como laje de piso. O volume mínimo de concreto para o enchimento dessa laje é

A) 1,05 m^3.

B) 1,20 m^3.

C) 1,50 m^3.

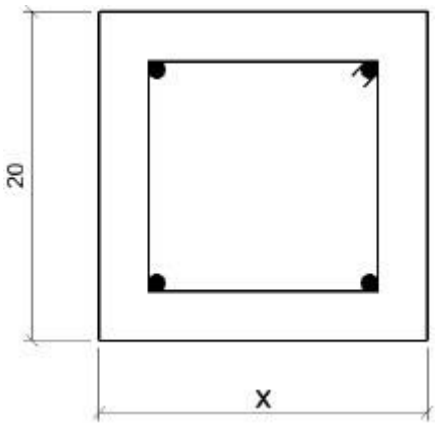
D) 1,80 m^3.

E) 2,40 m^3.

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2395345

8) FGV - 2022 - Perito Criminal (PC AM)/4ª Classe/Engenharia Civil

A figura a seguir apresenta a seção transversal de um pilar de concreto armado.



Obs.: unidades em cm.

Tomando por base o exposto na NBR6118:2014 e a seção transversal apresentada, analise as afirmativas a seguir.

I. Desconsiderando a possibilidade do uso de coeficientes adicionais para majoração dos esforços solicitantes, o menor valor admitido para a dimensão x é 19 cm.

II. O diâmetro mínimo admissível para a armadura longitudinal é de 8 mm.

III. Admitindo armadura longitudinal com diâmetro de 16 mm, o diâmetro dos estribos não pode ser inferior a 5 mm.

Está correto o que se afirma em

A) I, apenas.

B) II, apenas.

C) III, apenas.

D) I e III, apenas.

E) II e III, apenas.

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1976734

9) VUNESP - 2020 - Engenheiro Civil (Pref Cananéia)

Uma viga de concreto armado, submetida à flexão simples, foi dimensionada para que a armadura de tração, em aço CA50, resista a uma força de cálculo de 200 kN. A área da seção transversal dessa armadura de tração é

A) 2,50 cm^2

B) 3,50 cm^2

C) 4,60 cm^2

D) 5,20 cm^2

E) 6,00 cm^2

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1256139

10) VUNESP - 2023 - Engenheiro (Pref Itapevi)/Civil

No dimensionamento de vigas convencionais de concreto armado de seção retangular, com 15 cm de base e 40 cm de altura, fora da região das emendas das barras longitudinais de aço, o valor máximo da soma das armaduras de tração e de compressão é

A) 10 cm^2.

B) 12 cm^2.

C) 20 cm^2.

D) 24 cm^2.

E) 40 cm^2.

Link TEC: https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2555573

8. GABARITOS E LINK TEC

Q	GAB	LINK TEC
1	B	https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1976804
2	Certo	https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1970510
3	B	https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2621784
4	Certo	https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1041220
5	C	https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2219223
6	C	https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2071055
7	B	https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2395345
8	D	https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1976734
9	C	https://www.tecconcursos.com.br/questoes/1256139
10	D	https://www.tecconcursos.com.br/questoes/2555573

9. REFERÊNCIAS E MATERIAL PARA CONSULTA

ABNT NBR 12655:2022 – Concreto de cimento Portland –Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.

ABNT NBR 14931:2023 – Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras — Requisitos

ABNT NBR 15823-1:2017 – Concreto autoadensável - Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco

ABNT NBR 15823-2:2017 – Concreto autoadensável - Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams

ABNT NBR 15823-3:2017 – Concreto autoadensável - Parte 3: Determinação da habilidade passante - Método do anel J

ABNT NBR 16889:2020 – Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone

ABNT NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

ABNT NBR 6123:2023 – Forças devidas ao vento em edificações

ABNT NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento

BASTOS, P. S. **FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO**. 2019. Em: https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118:2014. 4ª Edição. EdUFSCar: São Carlos, 2014.